

TUGAS AKHIR PENELITIAN

STUDI PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN C:N:P TERHADAP PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KERTAS DENGAN REAKTOR ANAEROBIK ALIRAN HORIZONTAL



RSL
628.3
Ird
S-1
1993

Disusun oleh :

DESSI IRDINA

3863300075


PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	14-21-2003
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	27481

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1993

TUGAS AKHIR
PENELITIAN

**STUDI PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN
C:N:P TERHADAP PENGOLAHAN LIMBAH
INDUSTRI KERTAS DENGAN REAKTOR
ANAEROBIK ALIRAN HORIZONTAL**

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing



DR. Ir. WAHYONO HADI, M.Sc.
NIP. 130 805 286

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
S U R A B A Y A
1993**

ABSTRAK

Limbah industri harus diperhatikan, berkaitan dengan kemungkinan pencemaran badan air penerima. Badan air penerima mempunyai kemampuan untuk menguraikan atau mengendapkan polutan yang masuk ke dalamnya, tetapi kemampuan tiap badan air penerima berbeda - beda dan sangat terbatas, sehingga air limbah industri harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air penerima. Tugas akhir ini membahas salah satu alternatif pengolahan air limbah industri, yaitu dengan proses anaerobik.

Jenis reaktor anaerobik yang digunakan adalah reaktor untuk proses batch dan kontinyu dengan menggunakan REAKTOR ANAEROBIK ALIRAN HORIZONTAL, yang digunakan untuk mengolah air limbah industri kertas. Jenis limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah white liquor dan black liquor. Variabel penelitian adalah perbandingan C:N:P (eksisting, 100:5:1 dan 100:20:5) dan waktu detensi (1, 2 dan 5 hari). Parameter yang diamati adalah BOD, COD, N-Kjeldahl, N-Nitrat, orthophosphat, SS dan VSS.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk limbah white liquor, perbandingan C:N:P yang sesuai adalah 100:5:1 dan untuk limbah black liquor adalah 100:20:5. Dengan semakin lamanya waktu detensi, penurunan konsentrasi zat organik yang dinyatakan dengan BOD dan COD serta kandungan zat padat tersuspensi, semakin besar. Tetapi penurunan konsentrasi yang terbesar terjadi dari waktu detensi 1 hari sampai 2 hari.

Perbandingan C:N:P sangat berpengaruh terhadap proses pengolahan air limbah, hal ini berhubungan erat dengan dicukupinya kebutuhan nutrisi mikroorganisme yang ikut dalam proses. Jika nutrisi kurang, dapat menjadi penyebab terganggunya proses karena mikroorganisme dalam reaktor tidak dapat tumbuh dan berkembang sebagai mana semestinya. Sebaliknya, jika nutrisi berlebih, keberadaannya dapat mengganggu proses.

Hasil yang diperoleh dari proses batch lebih bagus dari pada proses kontinyu, hal ini dapat disebabkan oleh gangguan yang ditimbulkan oleh aliran air. Hasil proses batch untuk white liquor dengan waktu detensi 2 hari dan perbandingan C:N:P = 100 : 5 : 1 adalah untuk COD = 69,5%, BOD = 47,2%, SS = 55,3% dan VSS = 53,7%. Untuk black liquor dengan waktu detensi 2 hari dan perbandingan C:N:P = 100:20:5 adalah COD = 41,5%, BOD = 15,2%, SS = 32,8% dan VSS = 20,6%.

Sedangkan untuk proses kontinyu dengan kondisi yang sama untuk white liquor, penurunan konsentrasi COD = 43,4%, BOD = 28,3%, SS = 47,6% dan VSS = 35,8%. Untuk Black liquor, COD = 29,3%, BOD = 11,5%, SS = 21,2% dan VSS = 15,5%.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran ALLAH SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya dalam segala usaha kami, hingga tersusunnya tugas akhir ini.

Tugas akhir adalah merupakan salah satu kegiatan kurikuler yang wajib ditempuh oleh setiap mahasiswa dalam menempuh jenjang pendidikan Strata 1 pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Adapun judul dari tugas akhir ini adalah :

STUDI PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN C:N:P TERHADAP PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KERTAS DENGAN REAKTOR ANAEROBIK ALIRAN HORIZONTAL

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, kami berusaha menerapkan segala sesuatu yang telah kami peroleh baik melalui perkuliahan, dari berbagai literatur, maupun dari Dosen Pembimbing. Kami sadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran sangat kami harapkan.

Pada kesempatan ini pula, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

- Bapak, Ibu, Imam, Wulan, Ninuk dan Iwan yang selalu memberikan dukungan dan bantuan.

- Bapak Dr. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir ini.
- Bapak Ir. Sarwoko H, MScES, selaku koordinator Tugas Akhir Teknik Lingkungan FTSP - ITS.
- Bapak Ir. J.B Widiadi, MEng, selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan, FTSP-ITS.
- Bapak Ir. Agus Slamet, Bapak Ir. Joni Hermana Budi MScES beserta Bapak/Ibu Staff Pengajar Teknik Lingkungan FTSP - ITS.
- Bapak N. Soecipto, selaku Pimpinan PT. Pakerin
- Segenap Laboran dan Karyawan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Sahabat, rekan-rekan dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Akhirnya, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat

Surabaya, Januari 1993

Penyusun

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema Penguraian Yang Sempurna Dari Zat Organik Secara Anaerobik Dalam Proses Pembentukan Gas Methan	II - 2
Gambar 2.2.	Kurva Pengaruh pH Pada Fermentasi Methan	II - 10
Gambar 2.3.	Pengaruh Suhu Pada Produksi Gas	II - 11
Gambar 2.4.	Kurva Pengaruh Kation Pada Fermentasi Methan	II - 14
Gambar 2.5.	Anaerobic Baffled Reactor (Reaktor Anaerobik Aliran Horizontal)	II - 23
Gambar 2.6.	Anaerobic Contact Process	II - 24
Gambar 2.7.	Fixed Dome Reactor	II - 25
Gambar 2.8.	Floating Cover Reactor	II - 26
Gambar 2.9.	Bag Reactor	II - 27
Gambar 2.10.	Plug Flow Reactor	II - 28
Gambar 2.11.	Upflow Anaerobic Sludge Blanket	II - 30
Gambar 2.12.	Filter Anaerobik	II - 31
Gambar 3.1.	Kerangka Penelitian	III - 2
Gambar 3.2.	Reaktor Anaerobik Aliran Horizontal	III - 3
Gambar 3.3.	Reaktor Anaerobik Proses Batch	III - 4
Gambar 4.1.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi COD Padaa Proses Batch Untuk White Liquor	IV - 10
Gambar 4.2.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD Pada Proses Batch Untuk White Liquor	IV - 11
Gambar 4.3.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi SS Pada Proses Batch Untuk White Liquor	IV - 12

Gambar 4.4.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi VSS Pada Proses Batch Untuk White Liquor	IV - 13
Gambar 4.5.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi COD Pada Proses Kontinyu Untuk White Liquor	IV - 14
Gambar 4.6.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD Pada Proses Kontinyu Untuk White Liquor	IV - 15
Gambar 4.7.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi SS Pada Proses Kontinyu Untuk White Liquor	IV - 16
Gambar 4.8.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi VSS Pada Proses Kontinyu Untuk White Liquor	IV - 17
Gambar 4.9.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi COD Pada Proses Batch Untuk Black Liquor	IV - 24
Gambar 4.10.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD Pada Proses Batch Untuk Black Liquor	IV - 25
Gambar 4.11.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi SS Pada Proses Batch Untuk Black Liquor	IV - 26
Gambar 4.12.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi VSS Pada Proses Batch Untuk Black Liquor	IV - 27
Gambar 4.13.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi COD Pada Proses Kontinyu Untuk Black Liquor	IV - 28
Gambar 4.14.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD Pada Proses Kontinyu Untuk Black Liquor	IV - 29
Gambar 4.15.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi SS Pada Proses Kontinyu Untuk Black Liquor	IV - 30
Gambar 4.16.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Penurunan Konsentrasi VSS Pada Proses Kontinyu	

Untuk Black Liquor	IV - 31
Gambar L.1. Kalibrasi N-Kjeldahl	L - 10
Gambar L.2. Control Charts AQC N-Kjeldahl	L - 11
Gambar L.2A Distribusi Frekuensi AQC N-Kjeldahl	L - 12
Gambar L.3. Kalibrasi Nitrat	L - 17
Gambar L.4. Control Charts AQC Nitrat	L - 18
Gambar L.4A Distribusi Frekuensi AQC Nitrat	L - 19
Gambar L.5. Kalibrasi Phosphat	L - 24
Gambar L.6. Control Charts AQC Phosphat	L - 25
Gambar L.6A Distribusi Frekuensi AQC Phosphat	L - 26
Gambar L.7. Control Charts AQC BOD	L - 35
Gambar L.7A Distribusi Frekuensi BOD	L - 36
Gambar L.8. Control Charts AQC COD	L - 44
Gambar L.8A Distribusi Frekuensi AQC COD	L - 45
Gambar L.9. Grafik Steady State untuk White Liquor	L - 52
Gambar L.10 Grafik Steady State untuk Black liquor	L - 53

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR FOTO	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 I - 1
1.1. Latar Belakang Pemilihan Masalah ...	I - 1
1.2. Tujuan Studi	I - 2
1.3. Ruang Lingkup Studi	I - 2
 BAB II STUDI PUSTAKA	 II - 1
2.1. Definisi Proses Anaerobik	II - 1
2.2. Mikrobiologi	II - 3
2.3. Produksi Biogas	II - 8
2.4. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Anaerobik	II - 10
2.4.1. pH	II - 10
2.4.2. Suhu	II - 11
2.4.3. Nutrien	II - 12
2.4.4. Kation	II - 12
2.4.5. Pembatas proses	II - 14
2.5. Kinetika Proses	II - 15
2.6. Jenis-jenis Pengolahan Anaerobik ..	II - 21
2.6.1. Proses suspended growth	II - 21
2.6.1.1. Anaerobic Baffled Reactor (Reaktor Anaerobik Aliran Horizontal)	II - 22
2.6.1.2. Anaerobic Contact Process	II - 23
2.6.1.3. Fixed Dome	II - 24
2.6.1.4. Floating Cover	II - 25
2.6.1.5. Disain Bag	II - 26
2.6.1.6. Plug Flow	II - 27
2.6.1.7. Upflow Anaerobic Sludge Blanket	II - 29
2.6.2. Proses Attached Growth	II - 30
2.6.2.1. Filter Anaerobik	II - 30

BAB III	MATERIAL DAN METODOLOGI PENELITIAN	III - 1
3.1.	Kerangka Penelitian	III - 1
3.2.	Material	III - 1
3.2.1.	Sampel Limbah	III - 1
3.2.2.	Peralatan	III - 1
3.3.	Metodologi Penelitian	III - 4
3.3.1.	Penyiapan Larutan Sampel	III - 4
3.3.2.	Penyiapan Reaktor Anaerobik Aliran Horizontal dan untuk Proses Batch ..	III - 5
3.3.3.	Kondisi Pengoperasian	III - 6
3.3.4.	Sistem Pengoperasian	III - 7
3.3.5.	Pengukuran Konsentrasi Parameter ...	III - 8
3.2.6.	Penbebanan	III - 8
3.2.7.	Penbebanan	III - 8
3.3.8.	Pengukuran gas	III - 9
3.3.9.	Titik Sampling	III - 10
3.3.10.	Analytical Quality Control	III - 10
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA	IV - 1
4.1.	Umum	IV - 1
4.2.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Pengolahan Limbah White Liquor	IV - 1
4.3.	Pengaruh Rasio C:N:P Terhadap Pengolahan Limbah Black Liquor	IV - 18
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	V - 1
5.1.	Kesimpulan	V - 1
5.2.	Saran	V - 2
DAFTAR PUSTAKA		xiv
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Bakteri Anaerobik Nonmethanogenic Diisolasi dari Reaktor Anaerobik	II - 4
Tabel 2.2. Bakteri Methanogenic	II - 5
Tabel 2.3. Koefisien Kinetika untuk Penggunaan Substrat dan Pertumbuhan Biologis	II - 20
Tabel 2.4. Perbandingan Reaktor Completely Mixed dengan Reaktor Plug Flow	II - 28
Tabel 3.1. Kondisi Operasional Penelitian	III - 8
Tabel 4.1. Data Hasil Pengamatan Pada Proses Batch (White Liquor)	IV - 6
Tabel 4.2. Data Nutrien Proses Batch (White Liquor) ..	IV - 7
Tabel 4.3. Data Hasil Pengamatan Pada Proses Kontinyu (White Liquor)	IV - 8
Tabel 4.4. Data Nutrien Proses Kontinyu (White Liquor)	IV - 9
Tabel 4.5. Data Hasil Pengamatan Pada Proses Batch (Black Liquor)	IV - 20
Tabel 4.6. Data Nutrien Proses Batch (Black Liquor) ..	IV - 21
Tabel 4.7. Data Hasil Pengamatan Pada Proses Kontinyu (Black Liquor)	IV - 22
Tabel 4.8. Data Nutrien Proses Kontinyu (Black Liquor)	IV - 23
Tabel L.1. Kalibrasi N-Kjeldahl	L - 13
Tabel L.2. Hasil Analisa AQC N-Kjeldahl	L - 14
Tabel L.2A Distribusi Frekuensi N-Kjeldahl	L - 14
Tabel L.3. Kalibrasi Nitrat	L - 20

Tabel L.4. Hasil Analisa AQC Nitrat	L - 21
Tabel L.4A Distribusi Frekuensi Nitrat	L - 21
Tabel L.5. Kalibrasi PO ₄	L - 27
Tabel L.6. Hasil Analisa AQC PO ₄	L - 28
Tabel L.6A Distribusi Frekuensi PO ₄	L - 28
Tabel L.7. Hasil Analisa AQC BOD	L - 37
Tabel L.7A Distribusi Frekuensi BOD	L - 37
Tabel L.8. Hasil Analisa AQC COD	L - 46
Tabel L.8A Distribusi Frekuensi COD	L - 46
Tabel L.9. Data Steady State untuk White Liquor	L - 50
Tabel L.9A Data Steady State untuk Black Liquor	L - 51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Perhitungan Debit Influen	L - 1
Lampiran 2	: Penbenihan (Seeding)	L - 2
Lampiran 3	: Pembebanan	L - 3
	3.1. Limbah white liquor	L - 3
	3.2. Limbah black liquor	L - 4
Lampiran 4	: Perhitungan Debit Pembuangan Lumpur Untuk Pengaturan Umur Lumpur	L - 5
Lampiran 5	: Prosedur Analisa Konsentrasi Parameter ..	L - 7
	5.1. Analisa N-Kjedahl	L - 7
	5.1.1. Alat-alat	L - 7
	5.1.2. Reagen	L - 7
	5.1.3. Cara Kerja	L - 8
	5.1.4. AQC N-Kjedahl	L - 9
	5.2. Analisa Nitrat	L - 15
	5.2.1. Alat-alat	L - 15
	5.2.2. Reagen	L - 15
	5.2.3. Cara Kerja	L - 15
	5.2.4. AQC Nitrat	L - 15
	5.3. Analisa Phosphat	L - 22
	5.3.1. Alat-alat	L - 22
	5.3.2. Reagen	L - 22
	5.3.3. Cara Kerja	L - 22
	5.3.4. AQC Phosphat	L - 23
	5.4. Analisa Oksigen Terlarut	L - 29
	5.4.1. Alat-alat	L - 29
	5.4.2. Reagen	L - 29
	5.4.3. Cara Kerja	L - 30
	5.4.4. Perhitungan	L - 31
	5.5. Analisa BOD	L - 32
	5.5.1. Alat-alat	L - 32
	5.5.2. Reagen	L - 32
	5.5.3. Cara Kerja	L - 33
	5.5.4. Perhitungan	L - 33
	5.5.5. AQC BOD	L - 34
	5.6. Analisa PV	L - 38
	5.6.1. Alat-alat	L - 38
	5.6.2. Reagen	L - 38
	5.6.3. Cara Kerja	L - 38

5.6.4. Perhitungan	L - 39
5.7. Analisa COD.....	L - 40
5.7.1. Alat-alat	L - 40
5.7.2. Reagen	L - 40
5.7.3. Cara Kerja	L - 41
5.7.4. Perhitungan	L - 42
5.7.5. AQC COD	L - 43
5.8. Analisa SS dan VSS	L - 47
5.8.1. Cara Kerja	L - 47
5.8.2. Perhitungan	L - 48
Lampiran 6 : Penentuan Kondisi Steady State	L - 49
6.1. White Liquor	L - 49
6.2. Black Liquor	L - 51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG PEMILIHAN MASALAH

Pembangunan di negara kita dilakukan di semua bidang. Untuk itu perlu adanya faktor-faktor penunjang agar pembangunan dapat berjalan dengan lancar. Salah satu faktor penunjang tersebut adalah tersedianya kertas yang mencukupi.

Kertas merupakan kebutuhan manusia yang diperlukan setiap hari. Pertambahan penduduk, pendidikan dan kemajuan teknologi merupakan faktor-faktor penyebab meningkatnya pemakaian kertas. Kondisi ini mendorong berdirinya industri kertas di Indonesia. Hal ini tentu akan sangat menguntungkan karena kebutuhan kertas akan dapat dipenuhi. Tetapi, ada hal lain yang harus diperhatikan, yaitu masalah air buangan yang dihasilkan industri kertas.

Selama ini air buangan dari berbagai industri sering kali dibuang langsung ke sungai. Hal ini tentu akan mengganggu kualitas air sungai tersebut, karena air buangan yang mengandung berbagai parameter dengan konsentrasi yang bervariasi pula. Demikian pula dengan air buangan dari industri kertas yang mempunyai konsentrasi zat organik, N-amoniak dan zat padat yang cukup tinggi, sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum dapat dibuang ke sungai dengan aman.

Pengolahan air buangan industri sendiri bertujuan untuk mengurangi konsentrasi parameter-parameter air buangan agar dapat dibuang dengan aman ke sungai maupun badan air penerima lainnya. Proses pengolahan air buangan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu secara aerobik dan anaerobik. Proses pengolahan secara aerobik mengubah zat organik menjadi karbon dioksida dan air dengan bantuan mikroorganisme aerobik dan memerlukan oksigen. Sedangkan proses anaerobik merubah zat organik menjadi gas-gas, yaitu metan, karbon dioksida dan hidrogen sulfida, dengan bantuan mikroorganisme fakultatif dan anaerobik dalam kondisi tanpa oksigen.

Berdasarkan pertimbangan di atas serta kandungan beban organik dari air buangan industri kertas yang cukup tinggi, maka dirasakan perlu untuk meneliti penurunan konsentrasi parameter - parameter tertentu dengan mengatur perbandingan nilai C : N : P dengan menggunakan reaktor anaerobik aliran horizontal.

1.2. TUJUAN STUDI

Tujuan penelitian ini adalah untuk meneliti pengaruh perbandingan C:N:P terhadap efisiensi penurunan zat organik dengan melakukan variasi perbandingan C:N:P dan waktu detensi.

1.3. RUANG LINGKUP STUDI

Supaya penelitian ini lebih terarah maka perlu adanya batasan masalah. Penelitian ini dibatasi pada studi-studi :

1. Jenis reaktor yang digunakan adalah *REAKTOR ANAEROBIK*

ALIRAN HORIZONTAL (ANAEROBIC BAFFLED CHANNEL) dan reaktor untuk proses batch.

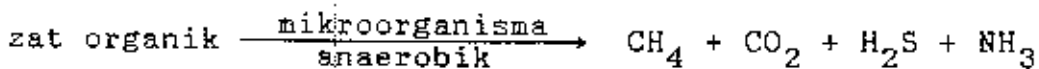
2. Sampel air buangan yang digunakan adalah air buangan industri kertas, yaitu white liquor dan black liquor dengan perbandingan C : N : P eksisting dan dengan perbandingan C:N:P 100:5:1 dan 100:20:5.
3. Untuk mengatur variasi perbandingan C:N:P dilakukan dengan penambahan $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ sebagai sumber N dan KH_2PO_4 sebagai sumber P.
4. Pengaturan waktu detensi dilakukan dengan mengatur debit influen.
5. Tidak melakukan pengamatan terhadap komposisi gas yang dihasilkan.
6. Parameter yang diamati adalah BOD, COD/PV, N - Kjeldahl, N - Nitrat, ortophosphat, suspended solid dan volatile suspended solid.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. DEFINISI PROSES ANAEROBIK

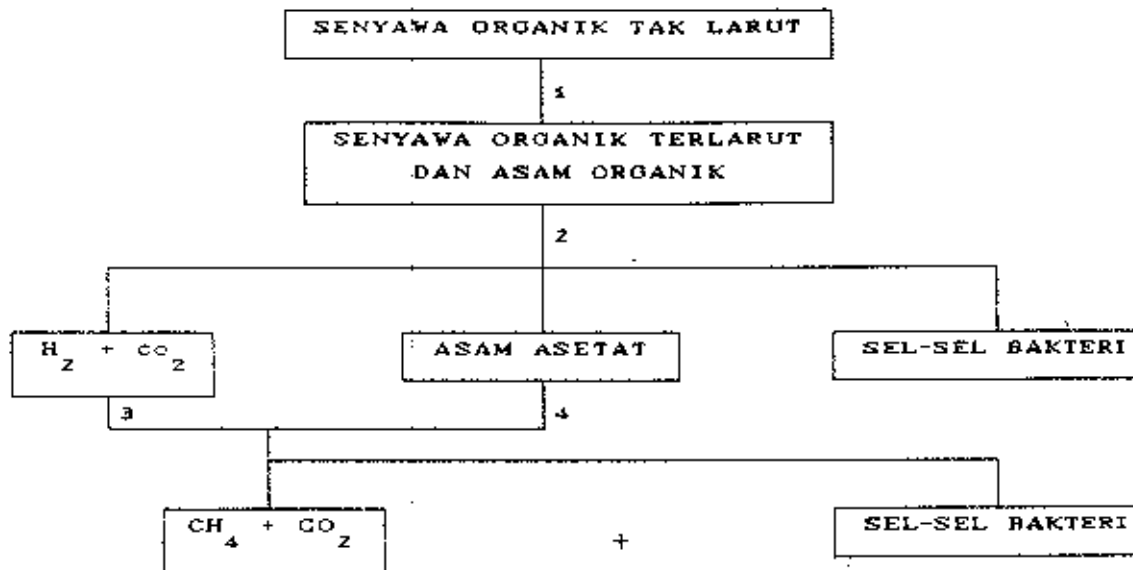
Proses pengolahan air buangan secara anaerobik merupakan suatu cara yang efektif untuk mengolah air buangan yang mengandung beban organik yang tinggi. Penguraian zat organik dilakukan oleh mikroorganisme fakultatif dan anaerobik dalam kondisi tanpa oksigen. Hasil akhir dari pengolahan anaerobik berupa biogas yang terdiri dari metan, karbon dioksida dan sejumlah kecil hidrogen sulfida. Reaksi kimianya disederhanakan sebagai berikut :



Pada proses anaerobik, penguraian zat organik menjadi gas metan melalui tiga tahap, yaitu :

1. Tahap hidrolisa, dimana zat organik tersuspensi dan terlarut dihidrolisa menjadi molekul - molekul yang lebih sederhana
2. Tahap acetogenesis, dimana hasil hidrolisa difermentasi menjadi komponen organik sederhana, terutama asam asetat atau bentuk lain yang tidak stabil seperti asam butirat dan asam propionat
3. Tahap methanogenesis, yaitu tahap pembentukan gas dari senyawa asetat, karbon dioksida dan hidrogen oleh bakteri penghasil metan.

Secara garis besar mekanisme ketiga tahap tersebut di atas digambarkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema penguraian yang sempurna dari zat organik secara anaerobik dalam proses pembentukan gas metan.

Kelima mikroorganisme yang terlibat adalah :

- (1) bakteri hidrolisa
- (2) bakteri acetogen
- (3) bakteri methanogen pengguna hidrogen
- (4) bakteri methanogen pengguna asetat (bakteri methan acetoclastic)

Beberapa keuntungan proses anaerobik dibandingkan proses anaerobik (Pfeffer et al, 1967) adalah :

1. Biomassa yang dihasilkan per unit substrat lebih sedikit, yang berarti pengurangan terhadap kebutuhan nitrogen dan fosfor dan tidak menimbulkan masalah pembuangan lumpur.
2. Menghasilkan gas metan yang mempunyai nilai ekonomis
3. Dapat menerima beban organik yang tinggi karena proses tidak dibatasi oleh kemampuan melakukan transfer oksigen.

Sedangkan pembatas proses anaerobik dapat disebabkan

oleh proses dan peralatan yang digunakan, dan kelengkapan bakteri yang terlibat, yaitu :

1. tingkat pertumbuhan bakteri penghasil metan yang lambat
2. membutuhkan pemanasan untuk mendapatkan suhu optimum reaktor untuk pertumbuhan bakteri
3. sifat sensitif bakteri penghasil metan

2.2. MIKROBIOLOGI

Penguraian zat organik dalam pengolahan anaerobik dapat terjadi dalam dua atau tiga tahap. Pada proses tiga tahap langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. pertama yaitu transformasi yang dilakukan enzim terhadap komponen organik dengan berat molekul besar menjadi komponen yang dapat digunakan sebagai sumber karbon sel dan energi.
2. kedua yaitu perubahan komponen yang dihasilkan dari langkah pertama menjadi komponen intermediat dengan berat molekul rendah.
3. ketiga yaitu perubahan komponen intermediat menjadi hasil akhir yang sederhana, terutama metan dan karbon dioksida.

Sedangkan pada proses dua tahap, langkah pertama dan kedua terjadi secara simultan dan dianggap sebagai langkah pertama. Dalam proses dua tahap ini mikroorganisme yang melakukan penguraian zat organik dibedakan menjadi dua kelompok. Kelompok pertama melakukan hidrolisa dan fermentasi komponen organik kompleks menjadi asam organik sederhana, yang paling sering adalah asam asetat dan asam propionat. Kelompok mikroorganisme

ini disebut sebagai bakteri nonmethanogenic. Bakteri ini juga disebut bakteri pembentuk asam. Beberapa spesies bakteri non-methanogenic (bakteri pembentuk asam) yang telah diisolasi dari reaktor anaerobik dapat dilihat pada tabel 2.1.

Bakteri	Isolasi pada	Protein			Lipid
		Selulosa	Starch	Pepton	
<i>Aerobacter aerogenes</i>					
<i>Alcaligenes bookerii</i>					x
<i>A. faecalis</i>		x			
<i>Bacillus</i> sp					
<i>B. cereus</i> var. <i>mycoides</i>			x		x
<i>B. cereus</i>		x	x	x	x
<i>B. circulans</i>				x	
<i>B. firmus</i>				x	
<i>B. knelfelthampi</i>					
<i>B. megaterium</i>		x	x		x
<i>B. pumilis</i>				x	x
<i>B. sphuericus</i>				x	x
<i>B. subtilis</i>				x	x
<i>Clostridium carnofoetidum</i>		x			
<i>Escherichia coli</i>				x	x
<i>E. intermedia</i>					
<i>Micrococcus candidus</i>			x		
<i>M. luteus</i>					x
<i>M. varians</i>			x	x	
<i>M. ursae</i>			x		
<i>Paracoloibacterium intermedium</i>				x	
<i>P. coliforme</i>				x	
<i>Proteus vulgaris</i>		x			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		x			
<i>P. ambigua</i>					
<i>P. oleovorans</i>					x
<i>P. perolens</i>					x
<i>P. pseudomallei</i>					
<i>P. reptilivora</i>		x			
<i>P. riboflavina</i>		x			x
<i>P. spp</i>		x	x	x	x
<i>Sarcina cooksonii</i>					
<i>Streptomyces bikiniensis</i>					x

Tabel 2.1. Bakteri Nonmethanogenic Diisolasi dari Reaktor Anaerobik

Sumber : Elizabeth C. Price, Paul M. Cheremisinoff, *Biogas Production & Utilization*, hal. 6.

Kelompok mikroorganisme kedua mengubah asam organik yang dibentuk oleh kelompok pertama menjadi metan dan karbon dioksida. Bakteri yang melakukan konversi ini bersifat sangat anaerobik dan disebut *methanogenic*. Bakteri ini juga dikenal sebagai *bakteri pembentuk metan*. Tabel 2.2. menampilkan beberapa spesies dan komponen organik yang digunakan.

Bakteri	Substrat	Hasil
<i>Methanobacterium formicum</i>	CO	CH ₄
	H ₂ + CO ₂	
	Format	
<i>M. mobilis</i>	H ₂ + CO ₂	CH ₄
	Format	
<i>M. propionicum</i>	Propionat	CO ₂ + asetat ^a
<i>M. ruminantium</i>	Format	CH ₄
	H ₂ + CO ₂	
<i>M. sohngeni</i>	Asetat butirat	CH ₄ + CO ₂
<i>M. suboxydans</i>	Kaproat & butirat	Propionat & asetat ^a
<i>Methanococcus mazei</i>	Asetat & butirat	CH ₄ + CO ₂
<i>M. vanniellii</i>	H ₂ + CO ₂	CH ₄
	Format	
<i>Methanosarcina barkeri</i>	H ₂ + CO ₂	CH ₄
	Menthanol	CH ₄
	Asetat	CH ₄ + CO ₂
<i>M. methanica</i>	Asetat	CH ₄ + CO ₂
	Butirat	

^a Asetat atau propionat diubah menjadi CH₄ dalam proses dua tahap.

Tabel 2.2. Bakteri Methanogenic

Sumber : Elizabeth C. Price, Paul N. Cheremisinoff, Biogas Production & Utilization, hal. 7.

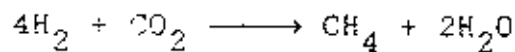
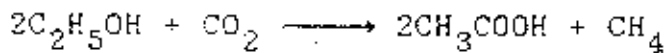
Bakteri terpenting dari kelompok bakteri methanogenic adalah bakteri yang melakukan penguraian terhadap asam asetat dan propionat. Bakteri ini memiliki tingkat pertumbuhan yang sangat lambat; sebagai akibatnya, metabolisme bakteri ini sering dianggap sebagai pembatas dalam pengolahan anaerobik. Stabilisasi buangan yang sebenarnya terjadi pada langkah kedua, yaitu dengan adanya konversi asam organik menjadi metan dan karbon dioksida.

Dengan melihat mekanisme khusus dalam pembentukan metan, ada dua jalur yang mungkin muncul, tergantung pada kondisi substrat awal. Bakteri methanogenic dapat menggunakan tiga kategori substrat sebagai berikut :

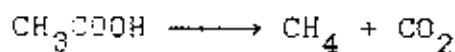
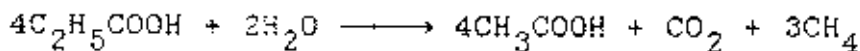
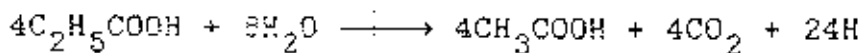
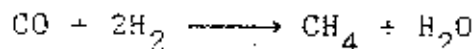
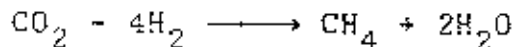
1. asam lemak rendah dengan enam atau lebih atom karbon (format, asetat, propionat, butirat, valerat, kaproat)
2. normal alkohol dan iso alkohol yang terdiri dari satu sampai lima atom karbon (methanol, ethanol, propanol, butanol, pentanol)
3. tiga gas organik (hidrogen, karbon monoksida dan karbon dioksida)

Dua mekanisme yang terlibat dapat digambarkan dengan mempertimbangkan persamaan berikut. Pertama, melibatkan substrat seperti ethanol, butirat dan hidrogen, metan dihasilkan dari oksidasi substrat dan dari reduksi karbon dioksida di atmosfer. Kedua, melibatkan substrat seperti asetat dan propionat, metan dihasilkan dari reduksi karbon dioksida yang terbentuk selama oksidasi substrat.

Reduksi karbon dioksida di atmosfer :



Reduksi karbon dioksida yang dibentuk dari reaksi :



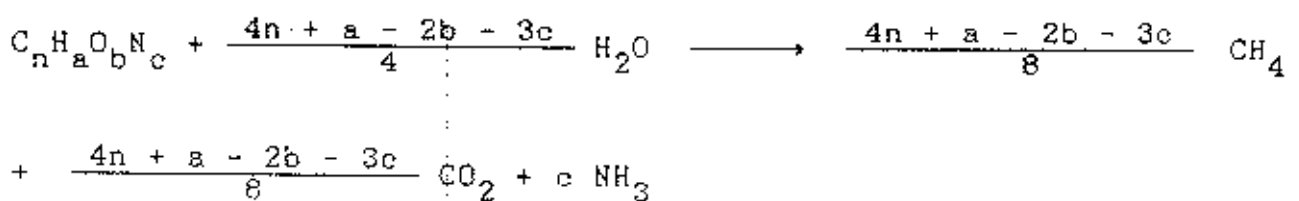
Sebagai tambahan, banyak bakteri anaerobik dan fakultatif lainnya menggunakan berbagai jenis ion anorganik yang ada dalam lumpur. *Desulfovibrio* melakukan reduksi ion sulfat $SO_4^{=}$ menjadi ion sulfida S^- . Bakteri lainnya mereduksi nitrat NO_3^- menjadi gas nitrogen N_2 (denitrifikasi).

Untuk mendapatkan sistem pengolahan anaerobik yang akan melakukan stabilisasi buangan secara efisien, bakteri non-methanogenic dan methanogenic harus berada dalam kondisi keseimbangan dinamis. Untuk mendapatkan dan memelihara kondisi seperti ini, kandungan reaktor harus bebas dari oksigen terlarut dan konsentrasi konstituen penghambat seperti logam berat dan sulfida. Juga pH harus antara 6,6 - 7,6. Alkalinitas yang cukup harus ada untuk memastikan pH tidak sampai turun di bawah 6,2,

karena bakteri metan tidak dapat berfungsi di bawah pH ini. Jumlah nutrisi yang mencukupi, seperti nitrogen dan fosfor juga harus ada agar pertumbuhan komunitas biologis tidak terganggu.

2.3. PRODUKSI BIOGAS

Secara teoritis, proses pembentukan metan mengikuti hukum stoikiometri. Tetapi kenyataannya, hal ini sulit terjadi karena ada bagian dari zat organik yang tidak dapat diuraikan dalam kondisi atau jangka waktu yang direncanakan. Jumlah metan yang dapat dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus *Buswell* :



Biasanya pembentukan metan terjadi dari campuran substrat organik yang tidak diketahui komposisinya. Pendekatan yang paling tepat adalah dengan menentukan jumlah oksigen yang diperlukan untuk oksidasi sempurna zat organik menjadi CO_2 secara kimia. Untuk menentukan nilai ini dapat dilakukan dengan uji *Chemical Oxygen Demand (COD)*, yaitu dengan mengoksidasi zat organik dalam air dengan $K_2Cr_2O_7$.

McCarty (1968) menyatakan bahwa jumlah metan yang dilepaskan selama proses anaerobik dapat diperkirakan dari reaksi sebagai berikut :



Jadi 1 mol metan (16 g) ekuivalen dengan 2 mol COD (64 g), atau $\frac{1}{64}$ mol CH_4 ekuivalen dengan 1 g COD. Volume metan yang dihasilkan setiap 1 kg COD atau BOD dapat ditentukan dengan mengingat pada suhu dan tekanan standar (0°C , 1 atm), 1 mol gas = 22,4 l. Maka :

$$\begin{aligned}\frac{1}{64} \text{ mol } \text{CH}_4 &= 22,4/64 = 0,35 \text{ l } \text{CH}_4 \text{ atau} \\ 1 \text{ g COD} &= 0,35 \text{ l } \text{CH}_4\end{aligned}$$

Oleh sebab itu untuk menentukan banyaknya metan yang dapat dihasilkan dapat dilakukan dengan menentukan nilai COD dan dengan menggunakan persamaan di atas.

Yang harus diingat adalah prosedur COD mengoksidasi komponen sulfur (SO_3^{2-} , R-SH, S^{2-} , ...) menjadi sulfat. Komponen - komponen ini termasuk nilai COD, tetapi tidak ikut dalam pembentukan metan oleh bakteri. Jadi untuk air buangan yang banyak mengandung sulfur, nilai COD harus dikoreksi oleh sulfur.

Jika jumlah zat organik kering (volatile solid) diketahui maka perkiraannya menjadi :

$$\begin{aligned}1 \text{ g zat organik kering} &\approx 1 \text{ g volatile solids (VS)} \\ &\approx 1 \text{ g COD} = 0,350 \text{ l } \text{CH}_4 \approx 0,5 \text{ l biogas (70\% } \text{CH}_4\text{)}\end{aligned}$$

Nilai BOD_5^{20} menandakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerob untuk menguraikan zat organik. Nilai BOD menunjukkan berapa banyak zat organik yang benar - benar biodegradable. Berdasarkan nilai BOD_5^{20} produksi metan dapat diperkirakan :

$$1 \text{ g BOD}_5^{20} \approx 1,50 \text{ g biodegradable COD}$$

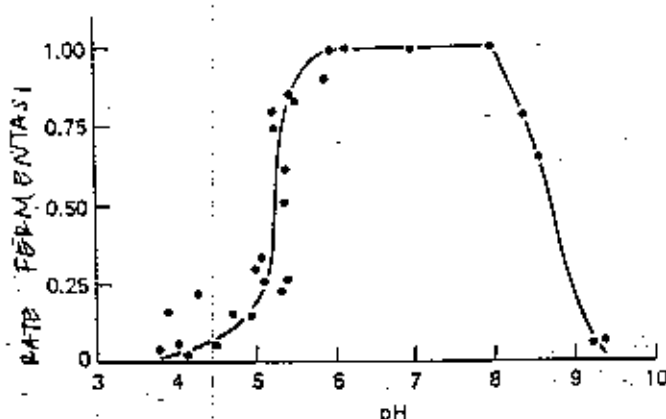
$$\approx 1,50 \times 0,350 \text{ l} = 0,53 \text{ l CH}_4$$

2.4. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PROSES ANAEROBIK

Beberapa faktor lingkungan seperti suhu, pH dan kehadiran nutrien dapat menghambat atau menunjang beberapa parameter, misalnya produksi gas. Pengaruh - pengaruh tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

2.4.1. pH

Pengaruh pertama pH pada proses anaerobik adalah terhadap bakteri methanogen. pH untuk reaktor anaerobik harus dijaga lebih besar dari 6,5. Sedangkan untuk bakteri selain methanogen tidak terlalu sensitif dan dapat berfungsi pada pH 5 - 8,5. Mikroorganisma hidrolisa - fermentasi dapat aktif mulai pH lebih besar dari 4,5. pH optimum untuk proses anaerobik adalah 6,5 - 8,2 (*Duarte dan Anderson, 1983*). Pengaruh pH terhadap proses fermentasi methan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

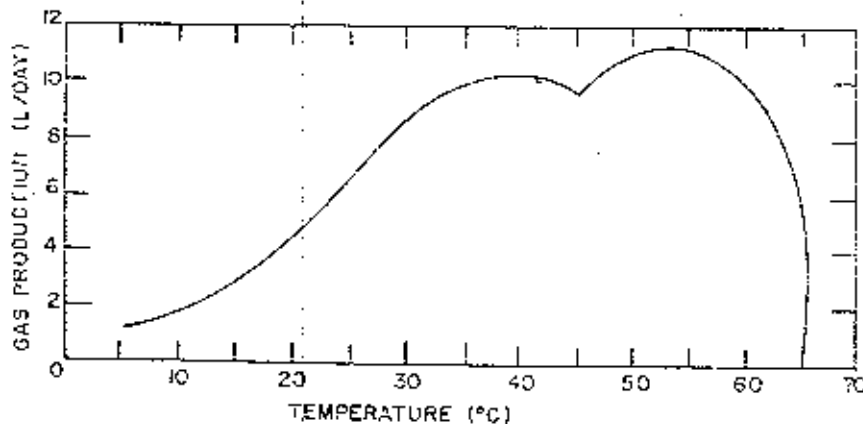


Gambar 2.2. Kurva Pengaruh pH pada Fermentasi Methan.

Sumber : *Larry D. Benefield, Clifford W. Randall, Biological Process Design for Wastewater Treatment, hal. 265*

2.4.2. SUHU

Penguraian zat organik dan produksi gas dapat terjadi pada daerah suhu antara 4 - 60°C. Jika daerah suhu efektif diperoleh maka akan terjadi fluktuasi kecil dalam proses. Kurva tingkat produksi gas terhadap suhu dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pengaruh Suhu pada Produksi Gas

Sumber : Elizabeth C. Price, Paul N. Cheremisinoff, Biogas Production & Utilization, hal. 12

Meskipun pada umumnya proses anaerobik dilakukan pada daerah suhu mesophilic (30 - 40°C), proses pembentukan metana dapat terjadi pada suhu serendah 4°C. Pengaruh kenaikan suhu pada daerah 4 - 25°C besar. Tingkat produksi gas berubah 100 - 400% untuk setiap kenaikan suhu 12°C.

Perubahan suhu sangat berpengaruh terhadap bakteri methanogen. Menurut Zehnder et al (1981) daerah suhu optimum untuk bakteri methanogen adalah 30 - 40°C (mesophilic) dan 50 - 60°C (thermophilic). Tetapi akan lebih baik jika dioperasikan pada daerah mesophilic, karena pada daerah thermophilic mikroorganisme thermophilic sensitif.

2.4.3. NUTRIEN

Berbagai nutrisi makro (C, N, P, S) dan nutrisi mikro (Mg, K, Mn, Ca, Co) harus ada dalam reaktor anaerobik dalam konsentrasi yang cukup sehingga tidak membatasi tingkat penguraian. Penambahan beberapa nutrisi tertentu selain nutrisi makro sering kali diperlukan untuk mendukung pertumbuhan dan aktifitas mikroorganisme.

Karbon dan nitrogen dibutuhkan untuk sintesa sel baru. Sumber utama karbon adalah karbohidrat yang sering terdapat dalam air buangan dalam bentuk selulosa, hemiselulosa dan polimer lainnya. Sedangkan sumber utama nitrogen adalah amonium dari air buangan atau komponen dari hidrolisa protein.

Sulfur dan fosfor dibutuhkan untuk metabolisme bakteri. Sulfur dibutuhkan untuk sintesa asam amino yang dan enzim. Fosfor dibutuhkan untuk sintesa asam nukleat. Komponen sulfur dapat berupa sulfur organik atau anorganik. Fosfor biasanya terdapat dalam bentuk fosfat.

2.4.4. KATION

Semua kation dapat menghasilkan efek toksik pada berbagai organisme jika konsentrasinya cukup tinggi, tetapi tingkat toksisitasnya relatif. Hasil penelitian pengaruh kation terhadap proses anaerobik menunjukkan bahwa bakteri penghasil metan memberikan respon yang sama terhadap kation seperti mikroorganisme lainnya, tetapi lebih sensitif terhadap efek toksik kation dari pada bakteri pembentuk asam.

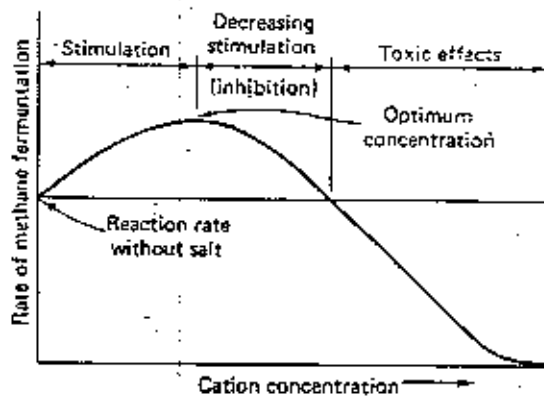
Tiga pengaruh kation yaitu toksisitas, antagonisma dan stimulasi. Toksisitas dapat bervariasi dengan kehadiran kation lainnya. Kemampuan sebuah kation untuk mempengaruhi (menaikkan atau menurunkan) toksisitas lainnya disebut antagonisma. Kation dalam konsentrasi rendah mempunyai efek stimulasi terhadap metabolisme mikroorganisme.

Kation berperan dalam metabolisme mikroorganisme, yaitu berlaku sebagai aktifator metabolisme untuk berbagai jenis enzim. Interaksi antara kation dan enzim dapat menghasilkan stimulasi jika aktifator logam yang tepat bersatu dengan enzim, tetapi toksisitas dihasilkan jika enzim bersatu dengan kation yang tidak tepat. Antagonisma dapat digambarkan sebagai kompetisi singkat antara kation yang berfungsi dan tidak untuk enzim yang bersangkutan.

Logam berat bersifat lebih toksik dari pada logam ringan, meskipun pada konsentrasi yang sangat rendah, kation yang sangat toksik seperti tembaga dan raksa menghasilkan efek stimulasi. Toksisitas logam berat dalam proses anaerobik tergantung pada bentuk kimianya, misalnya logam berat dalam bentuk endapan sulfida berpengaruh terhadap sistem biologis.

Jika tembaga, seng, nikel dan besi terdapat dalam reaktor anaerobik, maka akan ada sedikit pengaruh terhadap produksi gas. Tingkat penghambatan diartikan sebagai waktu ketika terjadi pengurangan produksi gas dengan jelas. Batas toksik ditentukan jika terjadi pengurangan produksi gas total sebesar 70% dari nilai rata-rata.

Cara untuk mengurangi pengaruh logam berat pada proses anaerobik adalah dengan penambahan anion agar terjadi pengendapan dan operasi pada pH maksimum yang diijinkan, karena pada umumnya logam berat hanya sedikit yang terlarut.



Gambar 2.3. Kurva Pengaruh Kation pada Fermentasi Methan
 Sumber : Larry D. Benefield, Clifford W. Randall, Biological Process Design for Wastewater Treatment, hal. 267

2.4.5. PEMBATAS PROSES

Pengganggu proses anaerobik dapat berasal dari adanya komponen - komponen atau proses penguraianya sendiri. Komponen penghambat yang bersifat toksik dapat berupa komponen - komponen dari influent atau hasil aktifitas metabolisme bakteri pengurai, termasuk di antaranya: sulfida, asam lemak volatile, amoniak, alkali dan logam berat. Penghambatan terutama terjadi pada aktifitas bakteri methanogenic, sehingga menghambat proses methanogenesis.

Ada empat langkah pembatas proses yang potensial dalam penguraian zat organik menjadi methan secara anaerobik, yaitu :

1. hidrolisa polimer menjadi monomer oleh enzim ekstraselular

2. pembentukan asam volatile oleh bakteri pembentuk asam
3. perubahan dari asam volatile menjadi CO_2 dan CH_4 oleh bakteri penghasil metan, dan
4. transfer hasil reaksi yang terlarut dari fasa cairan ke gas

Langkah ketiga sering dianggap sebagai pembatas proses karena pengurangan waktu retensi rata-rata mikrobial telah menaikkan konsentrasi asam volatile. Kenaikan konsentrasi ini terjadi karena metabolisme yang lambat dan menyebabkan tingkat reproduksi bakteri penghasil metan yang lambat.

2.5. KINETIKA PROSES

Lawrence dan McCarty mempelajari kinetika konversi asam lemak volatile, asetat, propionat dan butirat, menjadi metana dan karbon dioksida. Hal ini disebabkan karena langkah ini menjadi pembatas rate dalam proses anaerobik.

Rate pertumbuhan mikroorganisma murni dalam sistem pengolahan anaerobik dapat digambarkan dengan :

$$\frac{dX}{dt} = a\left(\frac{dF}{dt}\right) - bX \quad (1)$$

dimana :

dX/dt = rate pertumbuhan mikroorganisma murni per unit volume reaktor (massa/volume.waktu)

dF/dt = rate penggunaan buangan per unit volume reaktor (massa/ volume waktu)

X = konsentrasi mikroorganisma (massa/volume)

- a = koefisien yield pertumbuhan (waktu^{-1})
 b = koefisien kematian mikroorganisme (waktu^{-1});

Rate penggunaan substrat (dF/dt) berhubungan dengan konsentrasi substrat oleh persamaan *Michaelis - Menten* :

$$\frac{dF}{dt} = \frac{k \times S}{K_s + S} \quad (2)$$

dimana :

- S = konsentrasi substrat dalam reaktor (massa/volume)
 k = rate penggunaan buangan maksimum per unit berat mikroorganisme yang terjadi pada buangan konsentrasi tinggi (waktu^{-1})
 K_s = koefisien setengah kecepatan sama dengan konsentrasi air buangan ketika dF/dt = satu setengah kali rate maksimum, k (massa/volume)

Dari persamaan 1 dan 2 :

$$\frac{(dX/dt)}{X} = \frac{a \cdot k \cdot S}{K_s + S} - b \quad (3)$$

jumlah (dX/dt) sama dengan rate pertumbuhan murni per unit berat mikroorganisme per unit waktu dan direncanakan sebagai rate pertumbuhan spesifik murni, μ .

Untuk mencapai kondisi steady, mikroorganisme harus dibuang dari sistem pada rate yang sama dengan produksinya. Oleh sebab itu, rate pertumbuhan spesifik murni tiap hari, $\Delta S/\Delta T/M$,

yagn merupakan kebalikan dari *biological solids retention time*, SRT :

$$SRT = \frac{X}{(\Delta X / \Delta T)_T} \quad (4)$$

dimana :

X = berat total zat padat mikrobial aktif dalam sistem (massa)

$(\Delta X / \Delta T)_T$ = jumlah total zat padat mikrobial aktif yang dibuang tiap hari (massa/waktu)

SRT merupakan ^{waktu retensi}~~retensi waktu~~ rata-rata mikroorganisme dalam sistem dan sama dengan konsep umur lumpur lumpur aktif. SRT dapat bervariasi tergantung pada waktu retensi hidrolis (HRT) jika mikroorganisme diresirkulasi ke reaktor.

Kesalahan proses karena tekanan kinetika akan terjadi jika SRT dikurangi menjadi sebuah nilai dimana mikroorganisme dibuang dari sistem pada rate yang lebih besar dari pada rate pertumbuhan spesifik. SRT pada proses dimana terjadi kesalahan merupakan karakteristik adanya mikrobial khusus. Jika konsentrasi substrat cukup untuk menjadi tidak terbatas dan jauh lebih besar dari K_s , nilai minimum SRT (SRT_m) untuk mencegah pengurasan terhadap proses mikrobial dapat dinyatakan sebagai :

$$\frac{1}{SRT_m} = a_k - b \quad (5)$$

Persamaan 8 sama dengan plot *Lineweaver-Burke* terhadap persamaan *Michaelis-Menton* yang digunakan oleh ahli biokimia dalam studi kinetika enzim :

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{V_{\max}} + \frac{K_m}{V_{\max}} \frac{1}{(S)} \quad (9)$$

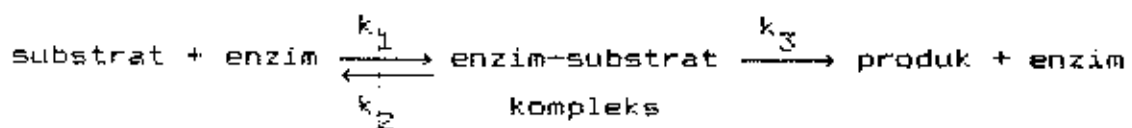
dimana :

V = rate reaksi

V_{\max} = rate kecepatan maksimum ketika tempat enzim jenuh oleh substrat

(S) = konsentrasi substrat

K_m = konstanta Michaelis-Menton; ini sama dengan konsentrasi substrat saat rate reaksi setengah V_{\max} dan juga ukuran stabilitas enzim substrat kompleks



$$K_m = \frac{k_2 + k_3}{k_1}$$

Data percobaan menegaskan untuk fermentasi metan dari studi asam lemak volatile, hubungan kinetika kondisi steady antara biological solids retention time atau kebalikannya, rate pertumbuhan spesifik murni, dan konsentrasi asam volatile effluent dapat digambarkan dengan model matematika :

$$\frac{1}{SRT} = u = \frac{akS}{K_s + S} - b \quad (10)$$

Kesimpulan nilai koefisien yang ditentukan melalui percobaan ditabelkan pada tabel 2.4..

Substrat	Suhu (°C)	k* (mg/mg-hari)	K _s (mg/l)	a** (mg/mg)	b (hari ⁻¹)	SRT _m (hari)
Asam Asetat Lumpur buangan kota	20	3,6	2130	0,04	0,015	7,8 10
Asam Asetat	25	5,0	869	0,05	0,011	4,2
Asam propionat		7,8	613	0,051	0,04	2,8
Lumpur buangan kota						7,5
Buangan susu sintesis		0,38	24	0,37	0,07	4,7
Asam Asetat	30	5,1	333	0,054	0,037	4,2
Asam Asetat	35	8,7	154	0,04	0,019	3,1
Asam propionat		7,7	32	0,042	0,01	3,2
Asam butirat		8,3	5	0,047	0,027	2,7
Lumpur buangan kota						2,8
Buangan pengepakan		0,32	5,5	0,76	0,17	

Tabel 2.4. Koefisien Kinetika untuk Penggunaan Substrat dan Pertumbuhan Biologis

Sumber : Elizabeth C. Price, Paul N. Cheremisinoff, Biogas Production & Utilization, hal. 41.

Nilai SRT_m dapat berlaku sebagai titik referensi untuk mengumpulkan nilai SRT untuk disain dan operasi. Nilai SRT_m dari 2,7 - 10 hari berhubungan dengan penggandaan waktu, T_d, 1,9 - 6,9 hari.

Dua faktor yang dapat menyebabkan variasi k dan K_s. Pertama, koefisien bervariasi dengan suhu. Kedua, jenis

mikroorganisme yang ada tergantung pada substrat, dan pada beberapa kasus, juga tergantung pada suhu. Sebagai contoh, empat spesies yang telah diketahui mewakili tiga bentuk bakteri yang dibedakan, *bacilli*, *cocci* dan *sarcina*, dapat menggunakan asetat, dapat digunakan untuk mempelajari dinamika populasi. Pada 35°C, *bacilli* (*Methanobacterium soehngensis*) merupakan bakteri utama dan *sarcinae* (*Sarcina methanica*) merupakan populasi kedua. Jumlah relatif *sarcinae* turun dengan SRT kurang dari 9 hari. Pada 25°C, *sarcinae* merupakan bakteri utama. Oleh sebab itu baik biological solids retention time dan suhu mempengaruhi komposisi populasi kultur campuran dan stabilitas sistem.

Menurut teori, variasi k dapat disebabkan suhu menyebabkan dominansi populasi. Suhu tergantung pada koefisien setengah kecepatan, K_s dapat digambarkan dengan persamaan :

$$\log \frac{(K_s)_1}{(K_s)_2} = 6980 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (11)$$

2.6. JENIS-JENIS PENGOLAHAN ANAEROBIK

Pengolahan air buangan secara anaerobik berdasarkan tempat mikroorganisme tumbuh dapat dibedakan atas :

2.6.1. PROSES SUSPENDED GROWTH

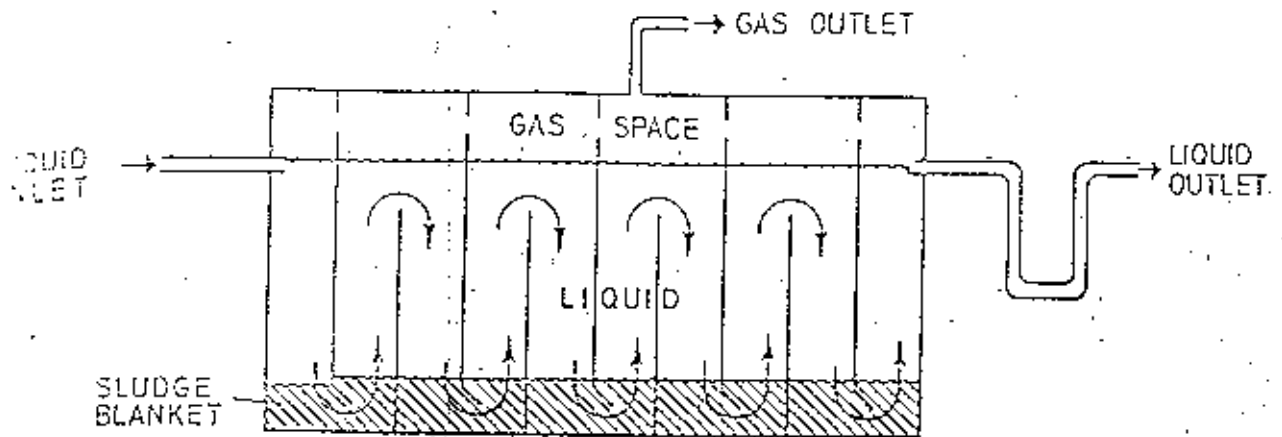
Proses suspended growth yaitu proses pengolahan biologis dimana mikroorganisme yang melakukan penguraian zat organik atau

konstituen lainnya dalam air buangan menjadi gas dan sel terdapat dalam suspensi larutan. Jenis - jenis proses anaerobik suspended growth adalah sebagai berikut :

2.6.1.1. Anaerobic Baffled Reactor (Reaktor Anaerobik Aliran Horizontal)

Perencanaan ini masih baru, dikembangkan oleh Bachmann dan McCarty di Universitas Stanford. Reaktor ini merupakan tangki persegi panjang sederhana, dengan ukuran seperti tangki septik, dan dibagi menjadi 5 atau 6 bagian dengan volume yang sama serta dinding dari atas dan dasar tangki. Aliran cairan ke arah atas dan bawah antara dinding, dan di bagian atas air mengalir melalui lapisan lumpur anaerobik dan seterusnya hingga melewati 5 atau 6 kompartemen. Oleh sebab itu air buangan akan kontak dengan biomassa aktif, karena kebanyakan biomassa itu tinggal dalam reaktor.

Dengan air buangan terlarut mengandung 7,1 g/l COD, dan waktu detensi 1 hari pada 35°C, Bachmann et al (1982) mendapatkan efisiensi removal COD 80%, dengan produksi gas volumetrik 2,9. Uji yang sama telah dilakukan dengan air buangan yang diencerkan (0,48 g/l COD) dan performance yang sama diperoleh pada suhu 25°C. Menurut bentuk fisiknya jenis reaktor ini dapat mengolah buangan dengan zat padat yang cukup tinggi (mis. buangan rumah tangga).

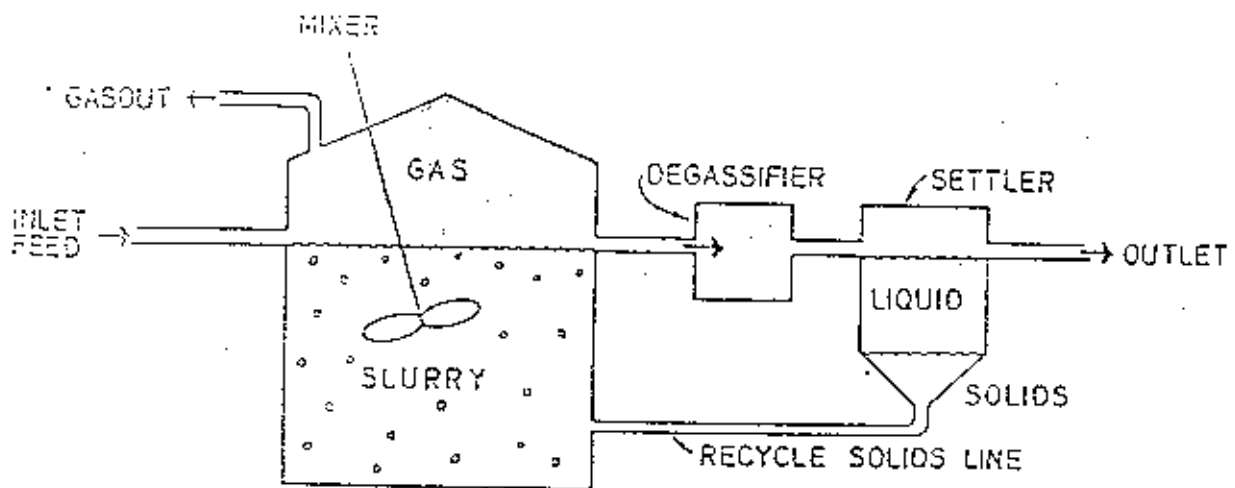


Gambar 2.4. Anaerobic Baffled Reactor (Reaktor Anaerobik Aliran Horizontal)

Sumber : David C. Stuckey, IRCWD, Technology Assessment Of Biogas In Developing Countries, hal. 29.

2.6.1.2. Anaerobic Contact Process

Proses ini sama dengan proses lumpur aktif aerobik, di mana sel diresirkulasi untuk menjaga agar SRT tinggi pada HRT rendah. Pada anaerobic contact process, buangan yang belum diolah dicampur dengan lumpur hasil resirkulasi. Setelah penguraian, campuran dipisah dalam clarifier atau flotasi vakum, dan supernatannya dikeluarkan sebagai effluent. Lumpur anaerobik yang mengendap kemudian diresirkulasi untuk pembenihan air buangan yang masuk.



Gambar 2.5. Anaerobic Contact Process

Sumber : David C. Stuckey, IRCWD, Technology Assessment Of Biogas In Developing Countries, hal. 29.

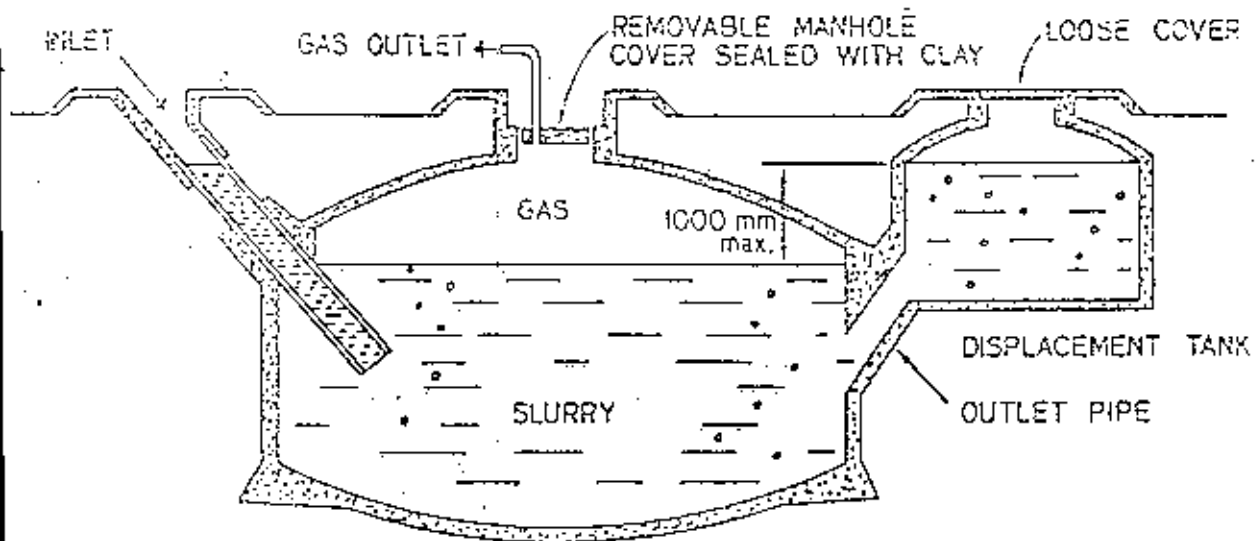
2.6.1.3. Fixed Dome

Reaktor ini terdiri dari saluran penangkap gas yang terbuat dari pasangan batu bata, batu atau beton berpori. Pada bagian atas dan dasar reaktor berbentuk hemisferikal. Sisi bagian dalam dilapisi dengan lapisan tipis dari mortar. Kebocoran gas melalui kubah sering merupakan masalah utama pada reaktor ini. Reaktor diumpan secara semi kontinyu (sehari sekali) melalui pipa lurus dan ujungnya terdapat pada bagian tengah reaktor. Pipa outlet juga terletak pada bagian tengah reaktor dan berhubungan dengan tangki penyimpanan. Sedangkan pipa outlet untuk gas terletak pada tutup manhole.

Gas yang dihasilkan selama proses penguraian disimpan di bawah kubah, dan memindahkan sebagian isi reaktor ke dalam ruang effluent yang menyebabkan tekanan gas dalam kubah antara 1 - 1,5

m air. Hal ini membutuhkan kekuatan struktur yang tinggi, dan merupakan alasan mengapa bagian atas dan dasar reaktor berbentuk hemisferikal.

Jenis umpan dari reaktor ini tidak homogen dan biasanya tersusun dari campuran kotoran binatang dan limbah pertanian tergantung pada keberadaannya dan rasio C/N. Tipikal produksi gas antara 0,1 - 0,2 V/V hari (Chan U. Sam, 1982), dengan waktu detensi 60 hari pada suhu 25°C.



Gambar 2.6. Fixed Dome Reactor

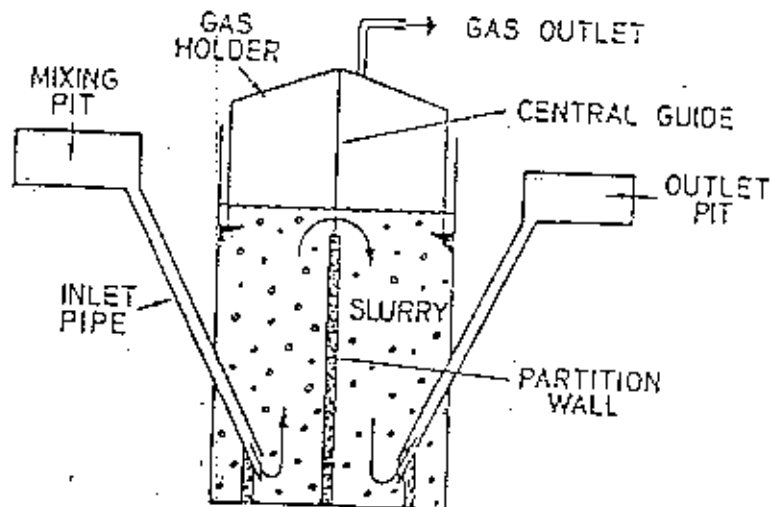
Sumber : David C. Stuckey, IRCWD, Technology Assessment Of Biogas In Developing Countries, hal. 21.

2.6.1.4. Floating Cover

Reaktor ini sering digunakan untuk mengolah lumpur buangan domestik di negara berkembang. Reaktor ini berbentuk silindris dengan rasio H/D antara 2,5 - 4,1. Gas yang dihasilkan

dijebak di bawah floating cover. Volume penutup gas kira - kira 50% dari total gas harian yang dihasilkan. Tekanan gas yang ada tergantung pada berat penangkap gas per unit luas.

Pengumpanan reaktor ini semi kontinyu. Tipikal umpan biasanya kotoran lembu, walaupun substrat - substrat lainnya seperti limbah pertanian dan ekskreta dapat digunakan. Dengan umpan kotoran lembu menghasilkan gas antara 0,2 - 0,3 V/V hari. Tipikal waktu detensi bervariasi dari 30 hari pada iklim sedang sampai 50 hari pada iklim yang lebih dingin.



Gambar 2.7. Floating Cover Reactor

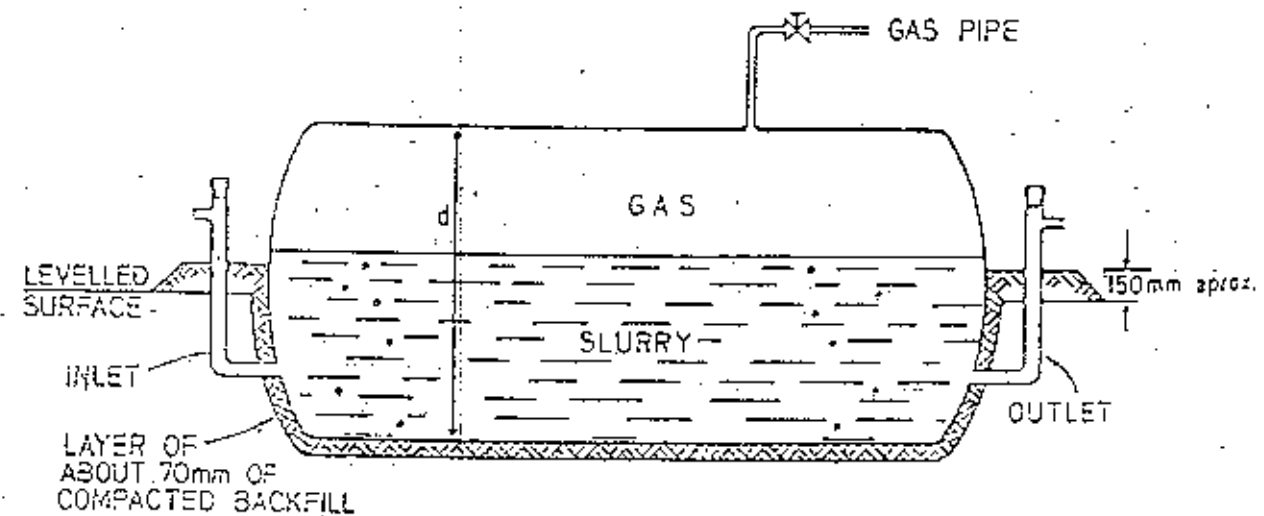
Sumber : David C. Stuckey, *IRCWD, Technology Assessment Of Biogas In Developing Countries*, hal. 29.

2.6.1.5. Disain Bag

Reaktor ini berbentuk silinder memanjang dengan $L/D = 3 - 14$). Reaktor bag ini meliputi pipa inlet umpan dan outlet serta pipa gas. Gas yang dihasilkan biasanya disimpan dalam reaktor di

bawah membran yang fleksibel atau dalam gas bag yang terpisah.

Biasanya bag ini digunakan untuk mengolah kotoran babi. Tipikal waktu detensi bervariasi dari 60 hari ($15 - 20^{\circ}\text{C}$) sampai 20 hari ($30 - 35^{\circ}\text{C}$). Rate gas yang dihasilkan $0,235 - 0,61 \text{ V/V}$ hari.



Gambar 2.B. Bag Reactor

Sumber : David C. Stuckey, IRCWD, Technology Assessment Of Biogas In Developing Countries, hal. 24.

2.6.1.6. Plug Flow

Bentuk umum dari reaktor plug flow meliputi selokan yang terpotong dalam tanah dan dilapisi oleh lapisan yang kedap. Untuk menjamin kondisi plug flow, panjang reaktor harus lebih besar dari lebar dan dalamnya. Reaktor ditutup dengan penutup yang mudah dibentuk yang ditanamkan pada tanah yang berfungsi sebagai penangkap gas. Inlet dan outlet terletak pada sisi yang berlawanan. Umpan diberikan secara semi kontinyu dalam jumlah

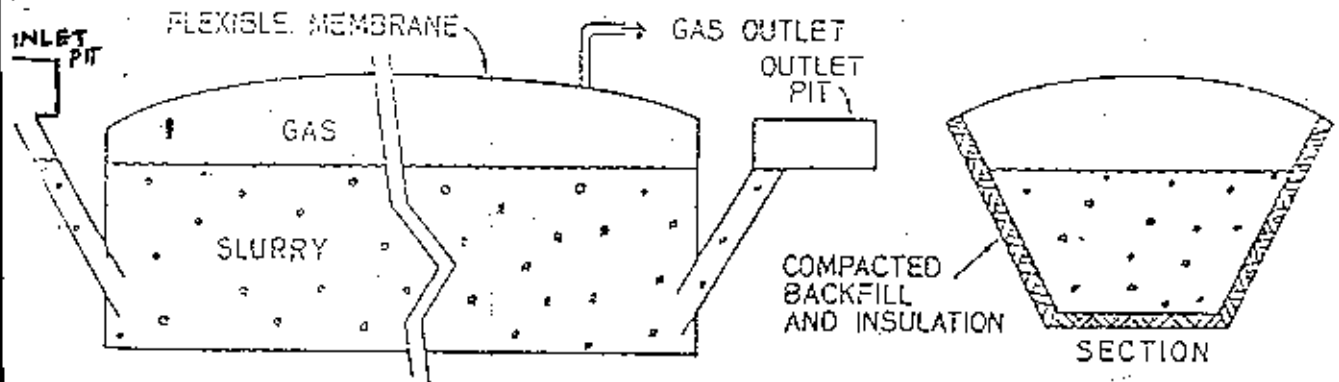
yang sama dengan effluent yang keluar.

Hayes et al (1979) membandingkan antara reaktor plug flow dengan reaktor tercampur sempurna, dengan volume dan umpan yang sama dan pada suhu reaktor dijaga 35°C.

	completely mixed		plug flow	
HRT (hari)	15	30	15	30
Rate produksi gas ($m^3 m^{-3} d^{-1}$)	2,13	1,13	2,32	1,26
Produksi gas spesifik ($m^3 kg VS^{-1}$)	0,281	0,310	0,337	0,364
Komposisi gas (%CH ₄)	55	58	55	57
Reduksi VS (%)	27,8	31,7	34,1	40,6

Tabel 2.5. Perbandingan Reaktor Completely Mixed dengan Reaktor Plug Flow

Sumber : David C. Stuckey, IRCWD, Technology Assessment Study Of Biogas In Developing Countries, hal. 26.



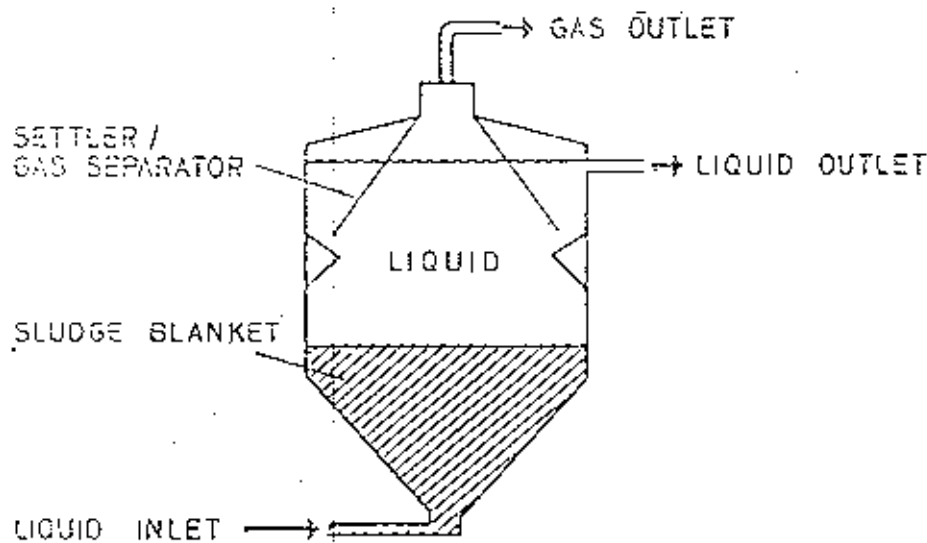
Gambar 2.9. Plug Flow Reactor

Sumber : David C. Stuckey, IRCWD, Technology Assessment Of Biogas In Developing Countries, hal. 25.

Yang perlu dicatat adalah reaktor plug flow mempunyai rate produksi gas yang lebih tinggi dari pada reaktor completely mixed. Rate produksi volumetrik gas yang tinggi merupakan bentuk umum jenis fixed dome dan floating cover (0,1 - 0,3 V/V hari) karena dua faktor, yaitu suhu dan rate beban organik yang lebih tinggi.

2.6.1.7. *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

Proses yang masih baru ini dikembangkan oleh Lettinga et al di Belanda. Reaktor ini terdiri dari reaktor sirkular (H/D = 2). Air buangan dialirkan ke atas melalui lumpur anaerobik. Kerucut terbaik diletakkan pada bagian atas reaktor untuk menjamin pemisahan padatan dan cairan. Pada mulanya lumpur biologis yang ada hanya sedikit, tetapi kemudian akan terbentuk lumpur granular dalam jumlah yang cukup banyak dan menjadi biomassa aktif yang tinggal dalam reaktor.



Gambar 2.10. Upflow Anaerobic Sludge Blanket

Sumber : David C. Stuckey, IRCWD, Technology Assessment Of Biogas In Developing Countries, hal. 30.

2.6.2. PROSES ATTACHED GROWTH

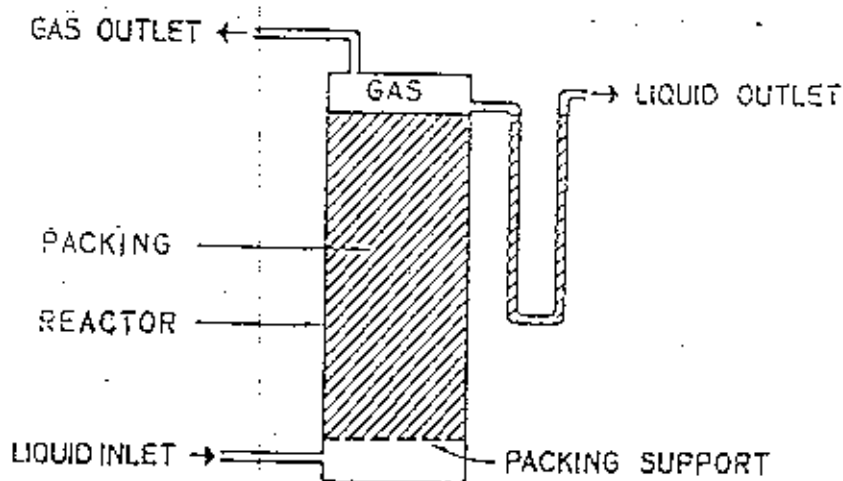
Proses attached growth merupakan proses pengolahan biologis di mana mikroorganisma yang melakukan penguraian zat organik atau konstituen lainnya dalam air buangan menjadi gas dan sel baru menempel pada media yang inert, seperti batu, biji atau dari keramik atau plastik yang didisain khusus. Proses pengolahan attached growth disebut juga proses fixed film.

2.6.2.1. Filter Anaerobik

Filter anaerobik adalah sebuah reaktor (dengan H/D = 8 - 10) yang berisi media di mana mikroorganisma dapat tumbuh. Media yang digunakan bervariasi, mulai dari batu sungai sampai bahan dari plastik, walaupun material yang cocok adalah yang mempunyai

luas permukaan per unit volume besar. Air buangan yang akan diolah dialirkan ke atas melalui media di mana bakteri anaerobik tumbuh dan menempel.

Pada reaktor ini waktu tinggal hidrolis (HRT) sama dengan waktu tinggal biological solid (SRT). Karena pertumbuhan mikroorganisme anaerobik yang rendah, SRT dapat antara 20 - 60 hari, tergantung pada suhu. Mikroorganisme yang tumbuh dalam filter terdiri dari dua jenis, yaitu yang tumbuh di permukaan media dan yang terdapat di antara celah media yang berbentuk suspensi. Pada rate beban hidrolis rendah, kedua jenis mikroorganisme ini ada dalam jumlah banyak. Tetapi jika beban hidrolisnya tinggi maka mikroorganisme yang tersuspensi terbawa keluar sehingga yang ada hanya yang menempel.



Gambar 2.11. Filter Anaerobik

Sumber : David C. Stuckey, IRCWD, Technology Assessment Of Biogas In Developing Countries, hal. 27.

Kebalikan SRT_m adalah u_m , rate pertumbuhan spesifik proses mikroorganisma yang terbatas, yang mana berhubungan dengan penggandaan atau waktu generasi digunakan untuk melakukan karakteristik spesies bakteri sebagai berikut :

$$T_d = \frac{0,693}{u_m} \quad (6)$$

dimana :

T_d = waktu yang dibutuhkan untuk penggandaan massa mikrobial pada pembatas ketidaktumbuhan yang tinggi dari konsentrasi substrat (waktu)

Nilai SRT_m untuk sistem digesti anaerobik dari 2 - 10 hari. Sebagai perbandingan, nilai SRT_m untuk sistem aerobik biasanya 0,5 hari atau kurang.

Konstanta a , b , k dan K_s dapat dihitung dari data percobaan. Koefisien pertumbuhan dapat ditentukan dari bentuk linier persamaan 1 :

$$\frac{1}{HRT} = aU - b \quad (7)$$

dimana : $U = dS/dt/X$

dan bentuk linier persamaan 2 dapat digunakan untuk menghitung k dan K_s :

$$\frac{1}{U} = \frac{K_s}{k} \left(\frac{1}{S} \right) + \frac{1}{k} \quad (8)$$

BAB III

MATERIAL DAN METODOLOGI PENELITIAN

3.1. KERANGKA PENELITIAN

Dalam kerangka penelitian ini, diuraikan dasar-dasar pemikiran dari seluruh tahap penelitian untuk mempermudah tercapainya tujuan dari penelitian ini, sebagaimana ditampilkan pada gambar 3.1.

3.2. MATERIAL

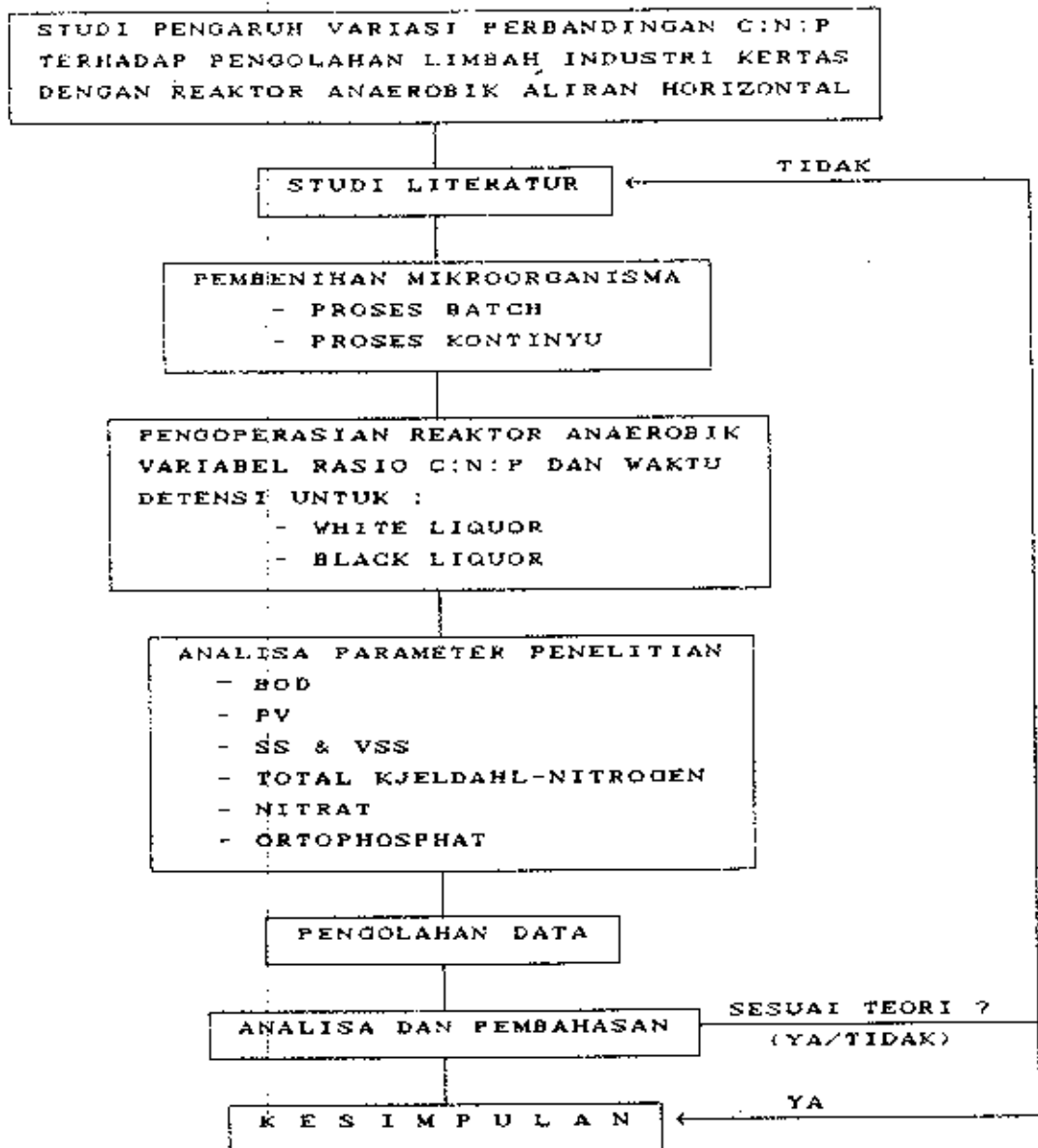
3.2.1. SAMPEL LIMBAH

Limbah yang dipergunakan adalah sampel limbah yang diambil dari air buangan industri kertas. Hal ini dilakukan untuk memperoleh sampel yang representatif.

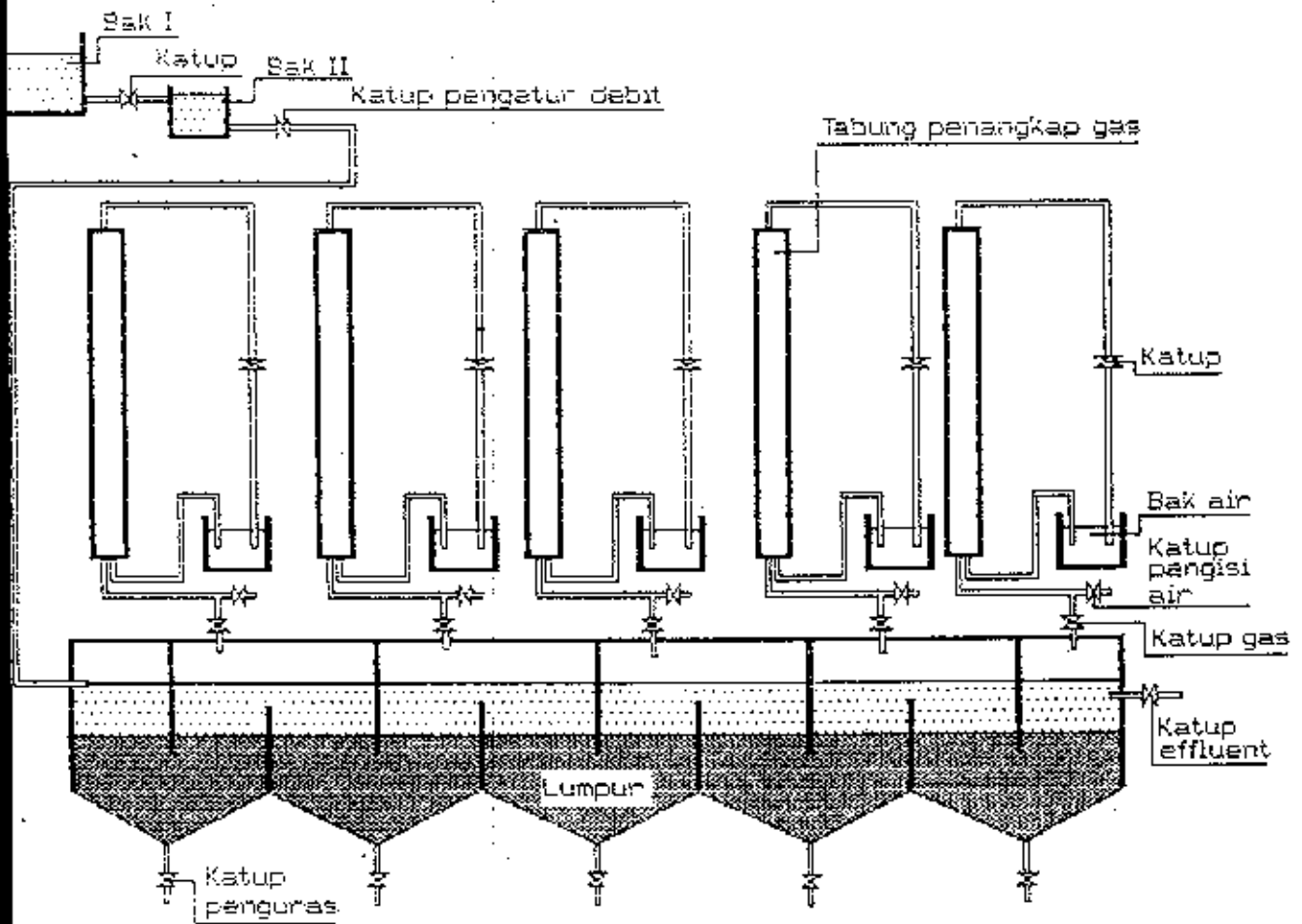
3.2.2. PERALATAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pilot plant REAKTOR ANAEROBIK ALIRAN HORIZONTAL (Anaerobik Baffled Reactor) yang dilengkapi dengan tabung penangkap gas seperti yang terdapat pada Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP - ITS (gambar 3.2). Sedangkan untuk reaktor proses batch adalah dari erlenmeyer 2000 ml yang dilengkapi dengan selang dan gelas ukur untuk menangkap gas yang dihasilkan (gambar 3.3).

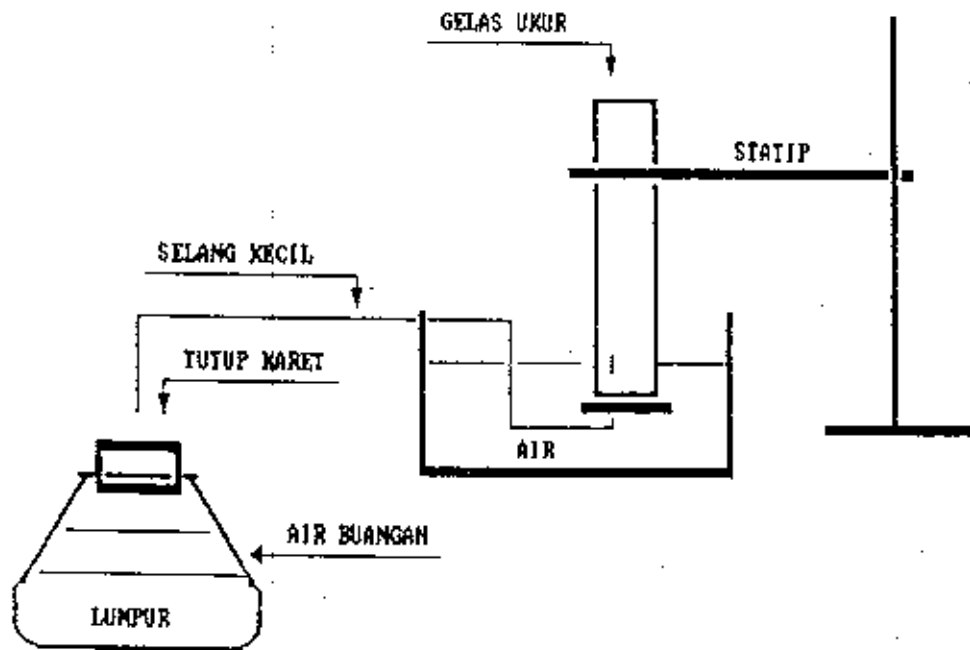




Gambar 3.1. Kerangka Penelitian



Gambar 3.2. Reaktor Anaerobik Aliran Horizontal



Gambar 3.3. Reaktor Anaerobik Proses Batch

3.3. METODOLOGI PENELITIAN

3.3.1. PENYIAPAN LARUTAN SAMPEL

Penyiapan larutan sampel dilakukan karena selain sampel asli yang tidak dirubah perbandingan C:N:P, juga dilakukan penelitian terhadap limbah yang sama dengan mengatur perbandingan C:N:P yaitu :

1. C : N : P = 100 : 5 : 1
2. C : N : P = 100 : 20 : 5

Dengan mengetahui konsentrasi awal sampel, maka dapat ditentukan banyaknya unsur N dan P yang harus ditambahkan agar diperoleh nilai perbandingan seperti yang diharapkan. Penambahan dilakukan dengan menggunakan $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ sebagai sumber N dan KH_2PO_4 sebagai sumber P. Perlakuan yang sama juga dilakukan terhadap limbah black liquor dari industri kertas. Perhitungan penambahan $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ dan KH_2PO_4 dapat dilihat pada lampiran 3.

3.3.2. PENYIAPAN REAKTOR ANAEROBIK ALIRAN HORIZONTAL dan untuk PROSES BATCH

Peralatan penelitian untuk aliran kontinyu menggunakan Reaktor Anaerobik Aliran Horizontal. Reaktor ini dilengkapi dua buah bak yang disusun seri untuk memudahkan pengaturan dan kontrol debit influent, yaitu dengan cara mengatur tinggi muka air pada bak kedua. Bak pertama diletakkan pada tempat yang lebih tinggi dari pada bak kedua.

Langkah pertama yaitu pengisian lumpur sampai ketinggian yang memungkinkan terjadinya kontak dengan air buangan semaksimal mungkin. Kemudian sampel dialirkan ke reaktor dengan mengatur debit influent agar dapat mencapai waktu detensi seperti yang diinginkan.

Untuk proses batch, reaktor diisi lumpur kemudian diisi sampel dan kemudian ditutup rapat. Tutup reaktor ini dilengkapi selang yang dihubungkan dengan gelas ukur agar gas yang dihasilkan dapat diukur.

3.3.5. PENGUKURAN KONSENTRASI PARAMETER

Pengukuran konsentrasi parameter-parameter yang diamati berdasarkan prosedur yang ada dalam METODA PENELITIAN AIR (Alaerts, Sri Sumestri, 1987).

Pengukuran nilai BOD dilakukan dengan metoda titrasi botol Winkler, $\text{NO}_3\text{-N}$ dengan metode brucin asetat, TKN dengan metode Nessler dan ortophosphat dengan metode asam asorbik, dan nilai Permanganat, serta nilai COD.

3.2.6. PEMBENIHAN

Dalam penelitian ini pembenihan dilakukan dengan lumpur yang berasal dari Kali Mati yang selama ini menerima air buangan dari industri kertas yang bersangkutan. Hal ini sangat menguntungkan, karena kondisi di Kali Mati sendiri sudah anaerobik sehingga tidak perlu waktu yang lama untuk penyesuaian dengan sampel yang akan diolah. Prosedur pembenihan dapat dilihat pada lampiran 2.

3.3.7. PEMBEBANAN

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan air buangan dari industri kertas dengan nilai perbandingan C:N:P seperti yang telah ditentukan. Air buangan yang diolah merupakan substrat bagi mikroorganisma untuk keperluan respirasi dan sintesa.

Pada penelitian ini karbon organik diperoleh dari air buangan, urea sebagai sumber N dan KH_2PO_4 sebagai sumber P.

3.3.8. PENGUKURAN GAS

Pengukuran terhadap gas yang dihasilkan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Proses batch

Setelah reaktor untuk proses batch siap untuk dioperasikan, gelas ukur diisi penuh dengan air dan diletakkan terbalik dalam bak yang telah diisi air pula, agar air dalam gelas ukur tidak turun. Reaktor dihubungkan dengan gelas ukur dengan menggunakan selang. Gas yang dihasilkan dapat dilihat dari penurunan muka air dalam gelas ukur.

2. Aliran kontinyu

Setelah reaktor siap untuk dioperasikan, katup untuk gas dan selang untuk mengalirkan air dari tabung gas ke dalam bak ditutup. Kemudian semua tabung gas diisi air sampai batas angka nol. Muka air dalam tabung gas dijaga jangan sampai turun setelah selang untuk mengalirkan air dari tabung gas ke dalam bak dibuka, karena jika muka airnya turun berarti ada kebocoran yang dapat mengganggu pengukuran gas yang dihasilkan. Jika pengukuran gas telah siap untuk dilakukan, katup untuk gas dibuka dan gas yang dihasilkan dapat diukur dari penurunan muka air dalam tabung gas. Sedangkan untuk mengetahui gas yang dihasilkan per satuan waktu, dicatat waktu yang diperlukan untuk menurunkan muka air dalam tabung gas dari angka nol sampai batas angka terakhir (5 liter).

3.3.9. TITIK SAMPLING

Sampling dilakukan pada dua titik pengambilan, yaitu di influent dan effluent. Setiap titik pengambilan akan mengalami perlakuan analisa yang sama terhadap parameter-parameter seperti yang telah diuraikan sebelumnya.

3.3.10. ANALYTICAL QUALITY CONTROL

Untuk mengetahui ketepatan (akurasi) dan ketelitian (presisi) dari data yang dihasilkan, perlu dilakukan pengontrolan dengan menggunakan *Analytical Quality Control*.

Akurasi merupakan perbedaan antara nilai hasil pengukuran (nilai rata-rata beberapa hasil pengukuran) dengan nilai pengukuran yang sebenarnya.

Presisi berhubungan erat dengan penyebaran data-data pengukuran yang dihasilkan terhadap nilai rata-rata pengukurannya, yang biasa dituliskan sebagai nilai standard deviasi.

Ada 2 jenis *Analytical Quality Control*, yaitu *External Analytical Quality Control* (bertujuan untuk melihat ketelitian dan ketepatan analisa antar laboratorium) dan *Internal Analytical Quality Control* (bertujuan untuk melihat ketelitian dan ketepatan analisis atau laboran dalam melakukan analisa sampel).

Pada penelitian ini dilakukan *Internal Analytical Quality Control*, yang dilakukan untuk parameter N-Kjedahl dan N - Nitrat, ortophosphat, COD dan BOD.

3.3.3. KONDISI PENGOPERASIAN

Kondisi pengoperasian dilakukan setelah sistem dalam reaktor berada dalam kondisi steady. Kondisi steady ditentukan berdasarkan pengukuran volume gas yang dihasilkan dan nilai Permanganat effluent. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan C:N:P serta waktu detensi hidrolis. Nilai pH diatur sama untuk setiap nilai perbandingan, yaitu diatur pada range pH 7 - 7,4. Debit influen diatur, agar diperoleh waktu detensi sesuai dengan yang diinginkan, yaitu untuk 1,2 dan 5 hari. Perhitungan debit influen dapat dilihat pada lampiran 1.

Penelitian ini dilakukan dengan tiga buah nilai yang berbeda-beda untuk setiap variabel, seperti yang terlihat pada tabulasi berikut ini :

Jenis limbah	Aliran	Waktu detensi (hari)	C : N : P
white liquor	batch	1	eksisting 100: 5:1 100:20:5
	& kontinyu	2	eksisting 100: 5:1 100:20:5
		5	eksisting 100: 5:1 100:20:5
black liquor	batch	1	eksisting 100: 5:1 100:20:5
	& kontinyu	2	eksisting 100: 5:1 100:20:5
		5	eksisting 100: 5:1 100:20:5

Tabel 3.1. Kondisi Operasional Penelitian

3.3.4. SISTEM PENGOPERASIAN

Sistem pengoperasian dilakukan dengan proses batch dan kontinyu. Untuk proses batch, setelah konsentrasi awal diketahui, sampel dimasukkan ke dalam reaktor yang telah berisi lumpur, ditutup rapat dan didiamkan sesuai dengan waktu detensi hidrolis yang diinginkan, kemudian dilakukan pengukuran konsentrasi effluent dan pengukuran gas yang dihasilkan.

Sedangkan untuk proses aliran kontinyu, dilakukan sebagai berikut :

1. Melakukan pengukuran nilai PV, BOD, COD, $\text{NO}_3\text{-N}$, TKN, dan ortophosphat, serta SS dan VSS awal dalam sampel.
2. Melakukan pengaturan nilai perbandingan C:N:P sesuai dengan yang diinginkan.
3. Melakukan pengisian sampel ke dalam bak pertama.
4. Melakukan pengukuran debit dari bak pertama ke bak kedua. Kontrol debit dilakukan dengan menjaga tinggi muka air di bak kedua.
5. Mengisi reaktor dengan lumpur, tinggi lumpur diatur sehingga memungkinkan kontak antara lumpur dengan sampel semaksimal mungkin.
6. Melakukan pengukuran nilai PV, BOD, COD, $\text{NO}_3\text{-N}$, TKN, dan ortophosphat, serta SS dan VSS dari effluent.
7. Prosedur ini diulangi untuk setiap nilai perbandingan C:N:P dan untuk black liquor.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA

4.1. UMUM

Pada bab ini, disajikan hasil penelitian dan analisa terhadap data penelitian, yang menyangkut variabel variasi C:N:P dan waktu detensi terhadap pengolahan limbah white liquor dan black liquor dari limbah pabrik kertas. Penelitian dilakukan dengan pengolahan secara anaerobik, di mana biogas yang dihasilkan hanya sebagai data penunjang, yaitu sebagai indikator terjadinya aktifitas mikroorganisme dalam reaktor. Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

4.2. PENGARUH RASIO C:N:P TERHADAP PENGOLAHAN LIMBAH WHITE LIQUOR

Data hasil penelitian limbah white liquor dapat dilihat pada tabel 4.1., 4.2. untuk proses batch, dan 4.3. dan 4.4. untuk proses kontinyu. Sedangkan gambar grafik untuk proses batch dapat dilihat pada gambar 4.1. sampai 4.4. dan untuk kontinyu, gambar 4.5. dan 4.6..

Dari gambar 4.1., 4.2, 4.5. dan 4.6., yaitu penurunan konsentrasi COD dan BOD dari proses batch dan kontinyu, dapat dilihat bahwa keduanya mempunyai kecenderungan yang sama. Penurunan konsentrasi COD dan BOD paling baik diperoleh pada rasio C:N:P = 100:5:1. Rasio C:N:P = 100:5:1 memberikan penurunan

konsentrasi BOD dan COD yang paling bagus dibandingkan dengan kondisi eksisting dan $C:N:P = 100:20:5$, hal ini mungkin disebabkan karena rasio $C:N:P$ yang bagus untuk kondisi limbah ini adalah $100:5:1$. Pada kondisi eksisting, meskipun substrat yang masuk sama besarnya, tetapi karena keterbatasan jumlah N dan P maka akan mengganggu aktifitas dan pertumbuhan mikroorganisma yang ikut serta dalam pengolahan anaerobik. Sedangkan pada rasio $C:N:P = 100:20:5$, hal ini dimungkinkan karena keberadaan sisa N dan P telah melebihi dari yang dibutuhkan sehingga dapat mengganggu proses pula. Jika salah satu unsur nutrien dalam reaktor ada dalam jumlah yang tidak mencukupi (terbatas), maka akan mengganggu jalannya proses meskipun tersedia substrat dalam jumlah yang cukup. Sedangkan jika salah satu unsur nutrien hadir dalam jumlah yang berlebihan, maka akan mengganggu proses juga.

Menurut teori yang dikemukakan oleh *W. Verstraete*, jika konsentrasi N-Kj tidak mencapai 20 mg/g COD, disarankan untuk mengontrol konsentrasi N-Kj dalam effluen. Selama konsentrasi effluen N-Kj 5 - 10 mg/l, nitrogen tidak menghambat proses. Biasanya diharapkan $COD:N > 100:1,25$. Pada kondisi eksisting dimana rasio $C:N = 100:0,252$ (C berdasarkan BOD) atau $100:0,068$ (berdasarkan COD) dan konsentrasi N-Kj effluen lebih kecil dari 5 mg/l, sehingga dapat dilihat bahwa untuk kondisi rasio $C:N:P$ eksisting jumlah nutriennya tidak mencukupi, sehingga dapat mengganggu proses. Hal ini dapat menjelaskan penurunan konsentrasi COD dan BOD untuk kondisi eksisting paling kecil.

Sedangkan untuk rasio $C:N:P = 100:5:1$, rasio $C:N = 100:1,35$ dan konsentrasi effluen N-Kj sekitar 40 mg/l, kehadiran amonia bebas belum mengganggu proses, karena menurut W. Verstraete, pada pH netral amonia bebas 0,5% dari total amonia, sedangkan total amonia merupakan bagian dari N-Kj. Amonia bebas dianggap mengganggu bila hadir dalam konsentrasi 50 - 80 mg/l.

Untuk rasio $C:N:P = 100:20:5$, rasio $C:N$ sekitar 100:5,58 dengan konsentrasi effluen N-Kj sekitar 150 mg/l. Kemungkinan pada nilai rasio ini kehadiran N-Kj sudah mulai mengganggu proses, sehingga penurunan konsentrasi COD dan BOD pada nilai rasio ini meskipun pada awalnya mendekati penurunan konsentrasi COD dan BOD untuk rasio $C:N:P = 100:5:1$, tetapi pada waktu detensi 5 hari, hasilnya tidak sebagus rasio $C:N:P = 100 : 5 : 1$.

Menurut W. Verstraete, rasio $COD:P$ harus lebih besar dari 100:0,25. Pada kondisi eksisting rasio $COD:P = 100:0,007$. Dengan nilai rasio sekecil ini jelas pada kondisi eksisting kebutuhan akan phosphor tidak terpenuhi. Pada rasio $C : N : P = 100:5:1$, rasio $COD:P = 100:0,275$. Nilai rasio ini sudah memenuhi kebutuhan akan phosphor, sehingga kehadiran phosphor tidak akan mengganggu proses. Sedangkan pada rasio $C:N:P = 100:20:5$, rasio $COD:P = 100:1,14$. Dengan nilai ini kebutuhan phosphor sudah dapat dipenuhi, tetapi konsentrasi phosphor yang terlalu tinggi akan dapat menimbulkan endapan dalam reaktor.

Semakin lama waktu detensi penurunan konsentrasi COD dan BOD semakin besar. Tetapi penurunan konsentrasi COD dan BOD yang

paling besar terjadi pada waktu detensi 1 hari sampai 2 hari. Sedangkan dari waktu detensi 2 hari ke 5 hari, terjadi penurunan konsentrasi COD dan BOD juga, tetapi tidak sebesar dari waktu detensi 1 hari ke 2 hari. Pada proses batch, penurunan konsentrasi COD dan BOD pada waktu detensi 1 hari dan rasio C:N:P = 100:5:1 sebesar 58,2% dan 38,3%. Penurunan konsentrasi ini bertambah besar pada waktu detensi 2 hari, yaitu sebesar 89,5% dan 47,2%, dan 75,6% dan 54,2% pada waktu detensi 5 hari. Sedangkan pada proses kontinyu, untuk waktu detensi 1 hari penurunan konsentrasi COD dan BOD adalah sebesar 25,2% dan 20,5%; waktu detensi 2 hari, 43,4% dan 28,35; dan untuk waktu detensi 5 hari 57,2% dan 36,9%. Hasil ini menunjukkan bahwa besarnya penurunan konsentrasi COD dan BOD tidak sama untuk setiap selang waktu detensi. Hal ini dapat disebabkan karena pada waktu awal, waktu detensi = 0 hari, substrat dan nutrien yang ada dapat memenuhi kebutuhan mikroorganisma. Karena proses anaerobik berjalan tidak hanya dalam satu tahap, di mana substrat untuk tahap selanjutnya merupakan hasil dari tahap sebelumnya. Dengan konsentrasi nutrien yang semakin lama semakin sedikit, dapat mengganggu proses atau proses tidak berjalan sebgus seperti sebelumnya.

Hasil yang diperoleh dari proses batch lebih bagus dari pada proses kontinyu, karena pada proses batch tidak ada substrat tambahan yang masuk ke dalam reaktor. Semakin lama semakin sedikit substrat yang harus diuraikan. Sebaliknya pada proses kontinyu selalu ada tambahan substrat yang masuk, di mana

substrat yang masuk tersebut berfluktuasi konsentrasinya. Hal ini tentu akan mempengaruhi effluennya.

Penurunan konsentrasi SS juga lebih bagus pada kondisi batch, karena tidak terganggu dengan adanya aliran. Pada reaktor kontinyu, kondisi reaktor memungkinkan terjadinya penurunan konsentrasi SS, tetapi tidak sebesar pada proses batch. Semakin lama waktu detensi, semakin bagus pula hasil yang diperoleh. Penurunan konsentrasi SS tidak dipengaruhi oleh rasio C:N:P, seperti yang terlihat pada gambar 4.3 dan 4.7.. Untuk VSS mempunyai kecenderungan yang sama dengan SS, seperti yang ditampilkan gambar 4.4. dan 4.8..

Tabel 4.1. Data Hasil Pengamatan Pada Proses Batch (White Liquor)

Id (hari)	C:N:P	PV (mg/l)	BOD (mg/l)		COD (mg/l)		SS (mg/l)		influen effluen %		influen effluen %		VSS (mg/l)		influen effluen %		Gas (ml)	
			influen	influen	influen	influen	influen	influen	%	%	%	%	influen	influen	influen	influen	%	%
1	eksisting	1825	895	629	30,4	3260	1577	51,9	1300	757	41,8	960	589	38,7	140			
	100: 5:1	1825	895	597	33,3	3260	1363	58,2	1300	725	44,2	960	530	44,8	160			
	100:20:5	1825	895	588	34,3	3260	1431	55,6	1300	724	44,3	960	575	40,1	160			
2	eksisting	1825	895	524	41,5	3260	1284	60,8	1300	621	52,2	960	448	49,2	175			
	100: 5:1	1825	895	473	47,2	3260	994	69,5	1300	581	53,9	960	444	53,7	200			
	100:20:5	1825	895	504	43,7	3260	1010	68,0	1300	571	56,1	960	446	53,5	200			
5	eksisting	1825	895	458	48,8	3260	1125	65,5	1300	519	60,1	960	380	60,4	190			
	100: 5:1	1825	895	410	54,2	3260	795	75,6	1300	473	62,6	960	340	64,6	215			
	100:20:5	1825	895	433	51,8	3260	870	73,3	1300	488	62,5	960	372	61,3	210			
1	eksisting	1780	860	602	30,0	3182	1578	50,4	1180	706	40,2	897	543	39,5	140			
	100: 5:1	1780	860	600	30,2	3182	1365	57,1	1180	689	41,6	897	535	40,4	160			
	100:20:5	1780	860	560	34,9	3182	1375	56,8	1180	694	41,2	897	536	40,2	160			
2	eksisting	1780	860	518	39,8	3182	1235	61,2	1180	548	53,6	897	443	50,6	170			
	100: 5:1	1780	860	500	41,9	3182	990	68,9	1180	529	55,2	897	403	55,1	190			
	100:20:5	1780	860	487	43,4	3182	1009	68,3	1180	542	54,1	897	410	54,3	190			
5	eksisting	1780	860	435	49,4	3182	1130	64,5	1180	444	62,4	897	357	60,2	180			
	100: 5:1	1780	860	407	52,7	3182	760	76,1	1180	433	63,3	897	327	63,5	210			
	100:20:5	1780	860	408	52,6	3182	789	75,2	1180	427	63,8	897	340	62,1	210			
1	eksisting	1785	926	638	31,1	3190	1614	49,4	1220	727	40,4	904	547	39,5	130			
	100: 5:1	1785	926	615	33,6	3190	1579	50,5	1220	702	42,5	904	522	42,3	135			
	100:20:5	1785	926	619	33,2	3190	1589	50,2	1220	717	41,2	904	541	40,1	135			
2	eksisting	1785	926	531	42,7	3190	1314	58,9	1220	514	57,9	904	447	50,6	160			
	100: 5:1	1785	926	474	48,8	3190	1011	68,3	1220	531	56,5	904	442	51,1	185			
	100:20:5	1785	926	507	45,3	3190	1065	66,6	1220	521	57,3	904	429	52,5	180			
5	eksisting	1785	926	468	49,5	3190	1139	64,3	1220	481	60,6	904	337	62,7	170			
	100: 5:1	1785	926	409	55,8	3190	750	76,5	1220	455	62,7	904	350	61,3	205			
	100:20:5	1785	926	424	54,2	3190	833	73,9	1220	487	60,1	904	349	61,4	200			

Tabel 4.2. Data Nutrien Proses Batch (White Liquor)

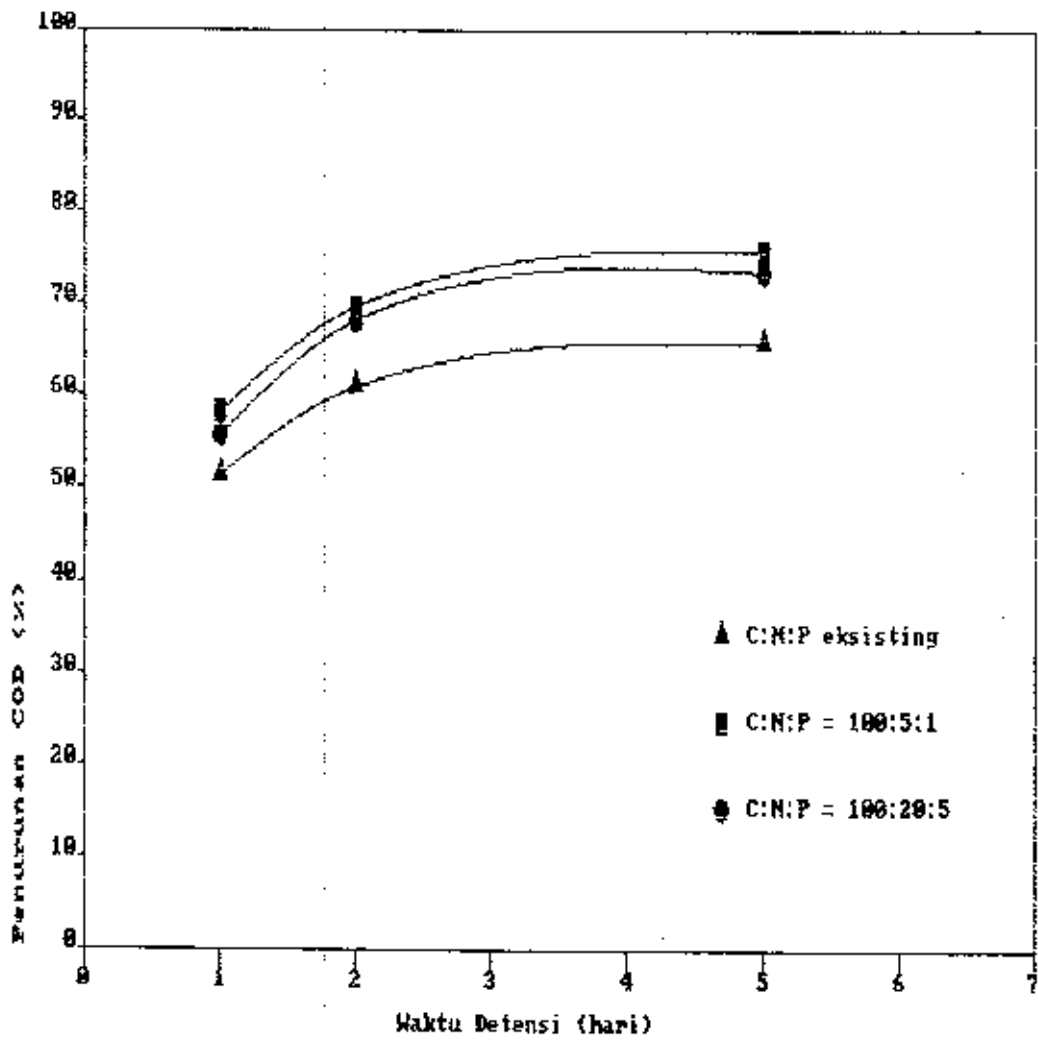
Id (hari)	C:N:P	BOD (mg/l) influen effluen	Z	NH ₃ (mg/l) influen effluen	N-KJ (mg/l) influen effluen	PO ₄ (mg/l) influen effluen
1	eksisting 100: 5:1 100:20:5	895 895 895	30,4 33,3 34,3	0,47 8,46 33,60	1,78 36,30 145,00	0,20 8,95 44,75
2	eksisting 100: 5:1 100:20:5	895 895 895	41,5 42,2 43,7	0,47 8,46 33,60	1,78 36,30 145,00	0,20 8,95 44,75
5	eksisting 100: 5:1 100:20:5	895 895 895	48,8 54,2 51,8	0,47 8,46 33,60	1,78 36,30 145,00	0,20 8,95 44,75
1	eksisting 100: 5:1 100:20:5	860 860 860	30,0 30,2 34,9	0,35 8,10 31,20	2,00 35,00 141,00	0,20 8,60 43,00
2	eksisting 100: 5:1 100:20:5	860 860 860	39,8 41,9 43,4	0,21 8,10 31,20	2,00 35,00 141,00	0,20 8,60 43,00
5	eksisting 100: 5:1 100:20:5	860 860 860	49,4 52,7 52,6	0,35 8,10 31,20	2,00 35,00 141,00	0,20 8,60 43,00
1	eksisting 100: 5:1 100:20:5	926 926 926	31,1 33,6 33,2	0,50 9,68 48,40	1,83 36,60 183,00	0,20 9,26 46,30
2	eksisting 100: 5:1 100:20:5	926 926 926	42,7 48,8 45,8	0,50 9,68 48,40	1,83 36,60 183,00	0,20 9,26 46,30
5	eksisting 100: 5:1 100:20:5	926 926 926	49,5 55,8 54,2	0,50 9,68 48,40	1,83 36,60 183,00	0,20 9,26 46,30

Tabel 4.3. Data Hasil Pengamatan Pada Proses Continue (White Liquor)

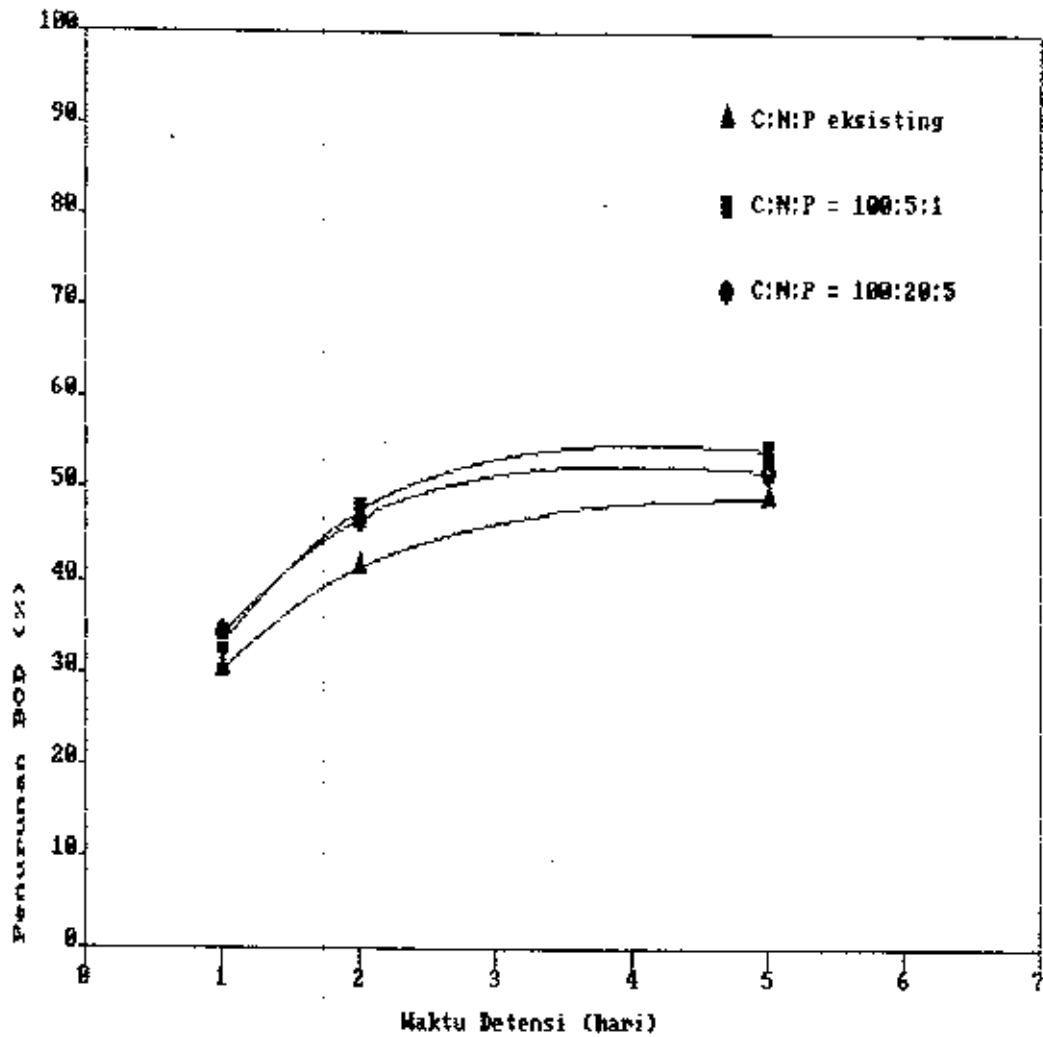
td Charid	C:N:P	PV (mg/l)	influen	influen	800 (mg/l)	influen	%	COD (mg/l)	influen	%	SS (mg/l)	influen	%	V55 (mg/l)	influen	%	Gas (l)
			influen	influen		influen			influen			influen			influen		
1	eksisting	1750	870	720	17,3	3125	2363	24,4	1190	818	31,3	880	690	21,6	1377		
	100:5:1	1700	860	684	20,5	3037	2272	25,2	1220	844	30,8	900	701	22,1	1377		
	100:20:5	1720	860	706	17,9	3070	2293	25,3	1180	777	34,1	871	691	20,7	1370		
2	eksisting	1730	865	678	21,6	3090	1921	36,8	1210	721	40,4	894	627	29,9	1855		
	100:5:1	1770	880	691	28,3	3162	1790	43,4	1185	621	47,6	875	562	35,8	2950		
	100:20:5	1760	875	635	25,2	3144	1789	43,1	1190	615	46,3	880	592	32,4	2659		
5	eksisting	1720	843	600	28,8	3072	1760	42,7	1220	632	48,2	900	555	38,3	2624		
	100:5:1	1715	841	539	35,9	3064	1191	57,2	1215	553	54,5	895	503	43,8	3691		
	100:20:5	1725	846	585	30,9	3081	1408	54,3	1210	558	53,9	890	521	41,5	3478		
1	eksisting	1820	905	758	16,2	3251	2542	21,8	1290	911	29,4	952	741	22,2	1278		
	100:5:1	1780	865	713	19,4	3180	2433	23,5	1330	924	30,5	982	769	21,7	1343		
	100:20:5	1770	880	721	18,1	3162	2409	23,8	1220	852	30,2	900	707	21,5	1356		
2	eksisting	1780	805	697	21,3	3180	2070	34,9	1350	787	41,7	996	694	30,3	2331		
	100:5:1	1770	880	644	26,8	3162	1815	42,6	1250	680	45,6	923	604	34,6	2642		
	100:20:5	1740	865	651	24,7	3108	1821	41,4	1425	764	46,4	1052	701	33,4	2302		
5	eksisting	1760	875	616	29,6	3144	1833	41,7	1270	646	49,1	937	578	38,3	2617		
	100:5:1	1800	895	566	36,8	3216	1399	56,5	1210	566	53,2	893	517	42,1	3815		
	100:20:5	1810	900	599	33,5	3234	1449	55,2	1265	587	53,6	934	527	43,6	3748		
1	eksisting	1715	853	697	18,1	3063	2352	23,2	1140	805	29,4	843	676	19,8	1286		
	100:5:1	1730	860	691	19,7	3090	2293	25,8	1075	764	28,9	795	650	18,2	1438		
	100:20:5	1750	870	708	18,6	3126	2404	23,1	1080	753	30,3	790	630	20,3	1303		
2	eksisting	1770	880	685	22,2	3161	2042	35,4	1195	703	41,2	886	634	28,4	1775		
	100:5:1	1760	875	616	29,6	3144	1743	44,4	1140	660	42,1	845	575	31,9	2215		
	100:20:5	1745	868	630	27,4	3117	1752	43,8	1225	713	41,8	905	629	30,5	2173		
5	eksisting	1720	855	587	31,3	3072	1739	43,4	1200	604	49,7	890	538	39,6	2860		
	100:5:1	1730	860	544	36,7	3090	1279	58,6	1245	618	50,4	920	528	42,6	3615		
	100:20:5	1740	865	584	32,5	3180	1389	55,3	1190	615	48,3	880	518	41,1	3431		

Tabel 4.4. Data Nutrien Proses Kontinyu (White Liquor)

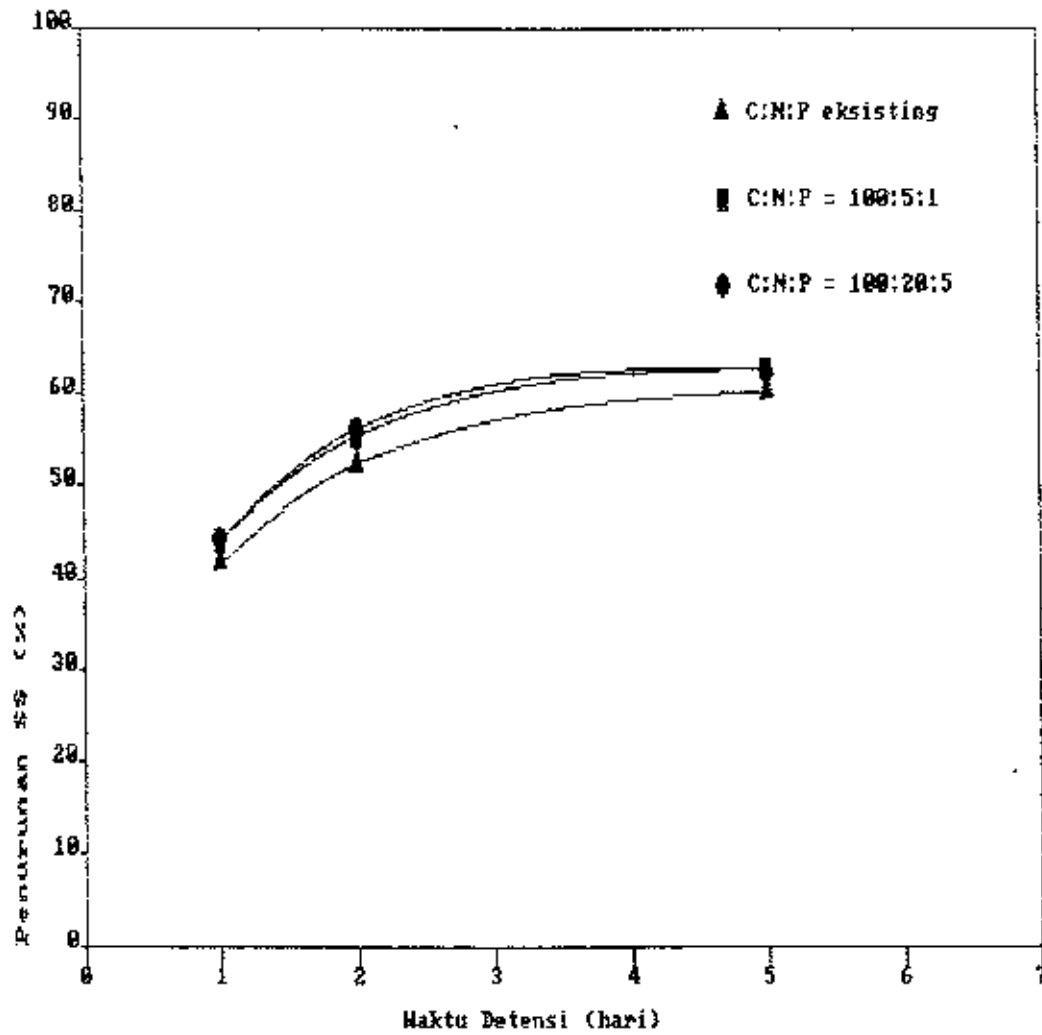
Id (hari)	C:N:P	BOD (mg/l) influen effluen	%	NH ₃ (mg/l) influen effluen	N-KJ (mg/l) influen effluen	P04 (mg/l) influen effluen
1	eksisting 100: 5:1 100:20:5	870 860 860	17,3 20,5 17,9	0,30 8,22 25,60	1,70 34,80 196,00	0,18 8,60 43,00
2	eksisting 100: 5:1 100:20:5	865 880 875	21,6 28,9 25,2	0,45 8,00 27,80	1,73 36,00 147,20	0,18 8,80 43,75
5	eksisting 100: 5:1 100:20:5	843 841 846	28,8 35,9 30,9	0,40 7,90 27,10	1,72 34,15 142,10	0,17 8,40 42,30
1	eksisting 100: 5:1 100:20:5	905 885 880	16,2 19,4 18,1	0,48 7,70 33,63	1,80 36,55 142,40	0,19 8,85 44,00
2	eksisting 100: 5:1 100:20:5	885 880 865	21,3 26,8 24,7	0,47 8,10 27,65	1,76 35,90 145,35	0,18 8,80 43,25
5	eksisting 100: 5:1 100:20:5	875 895 900	29,6 36,8 33,5	0,46 8,10 30,36	1,75 36,65 149,64	0,18 9,00 45,00
1	eksisting 100: 5:1 100:20:5	853 860 870	18,1 19,7 18,6	0,45 9,10 34,15	1,70 33,90 139,85	0,18 8,45 43,50
2	eksisting 100: 5:1 100:20:5	880 875 868	22,2 29,6 27,4	0,46 8,35 33,20	1,76 35,30 140,00	0,18 8,80 43,40
5	eksisting 100: 5:1 100:20:5	855 860 865	31,3 36,7 32,5	0,45 7,86 30,80	1,70 35,13 142,00	0,17 8,60 43,25



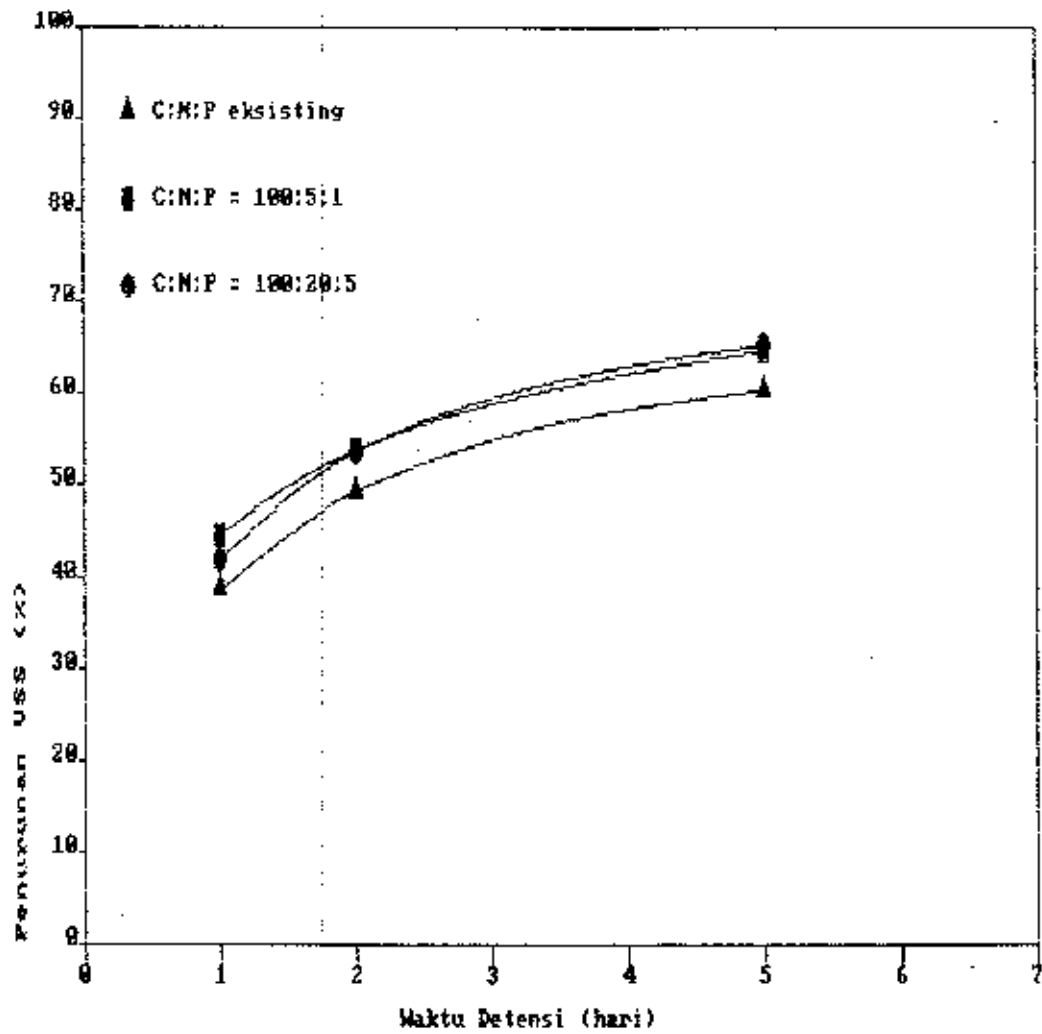
Gambar 4.1. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi COD pada proses batch untuk white liquor



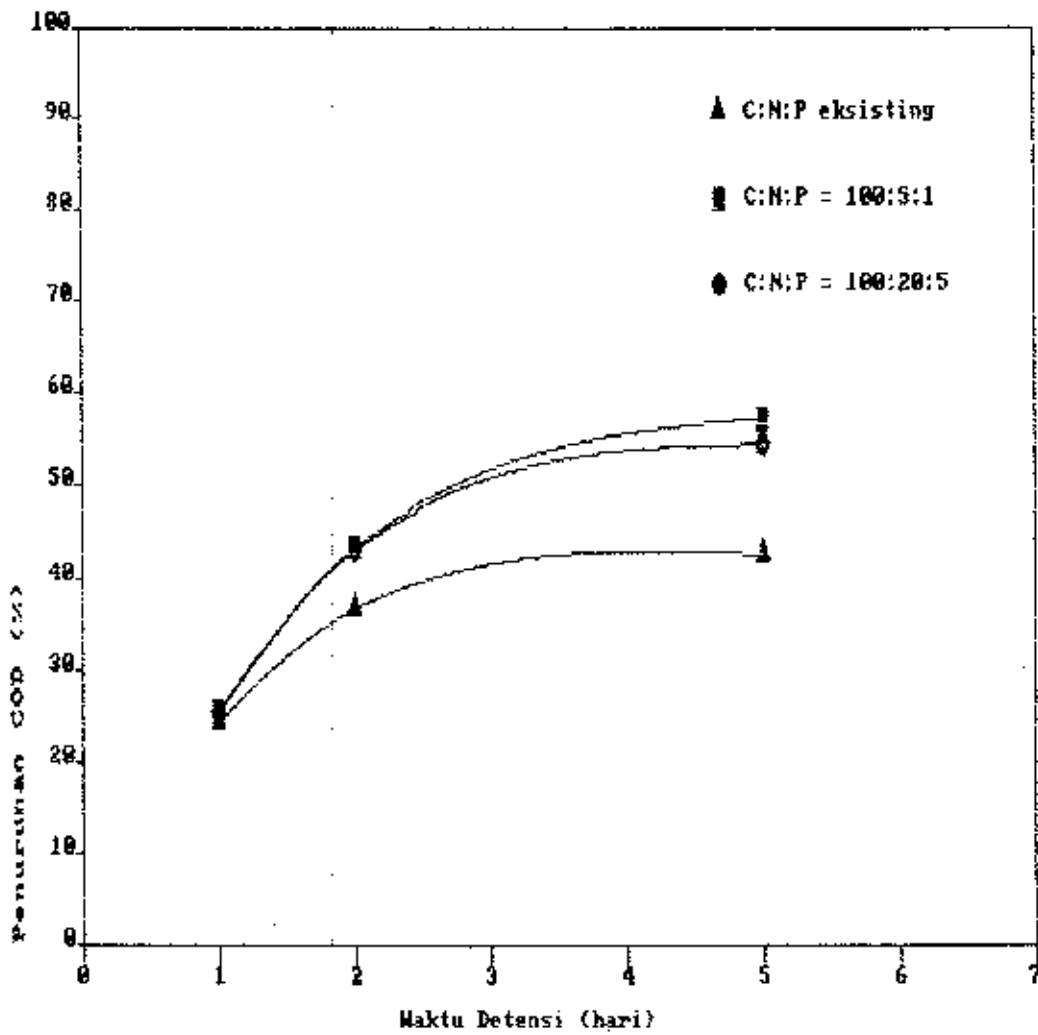
Gambar 4.2. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi BOD pada proses batch untuk white liquor



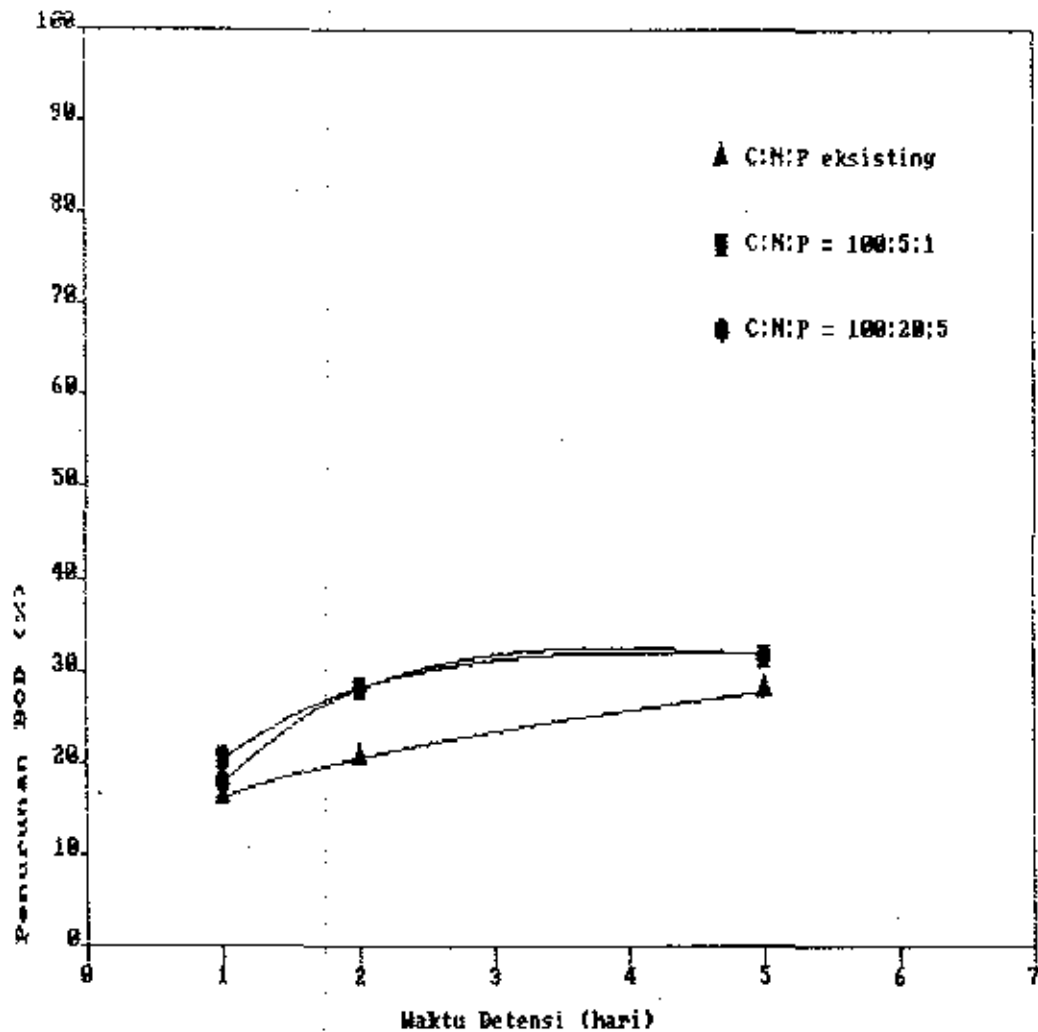
Gambar 4.3. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi SS pada proses batch untuk white liquor



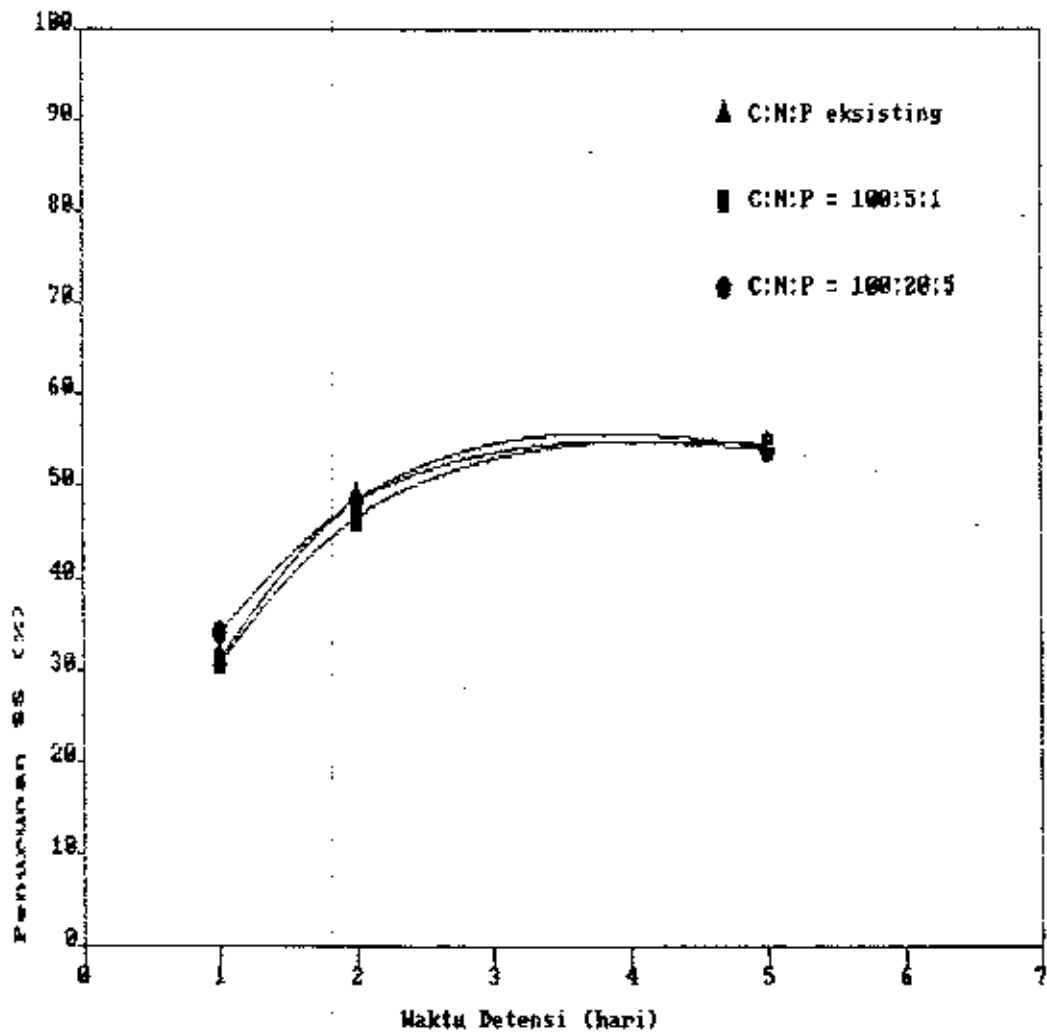
Gambar 4.4. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi VSS pada proses batch untuk white liquor



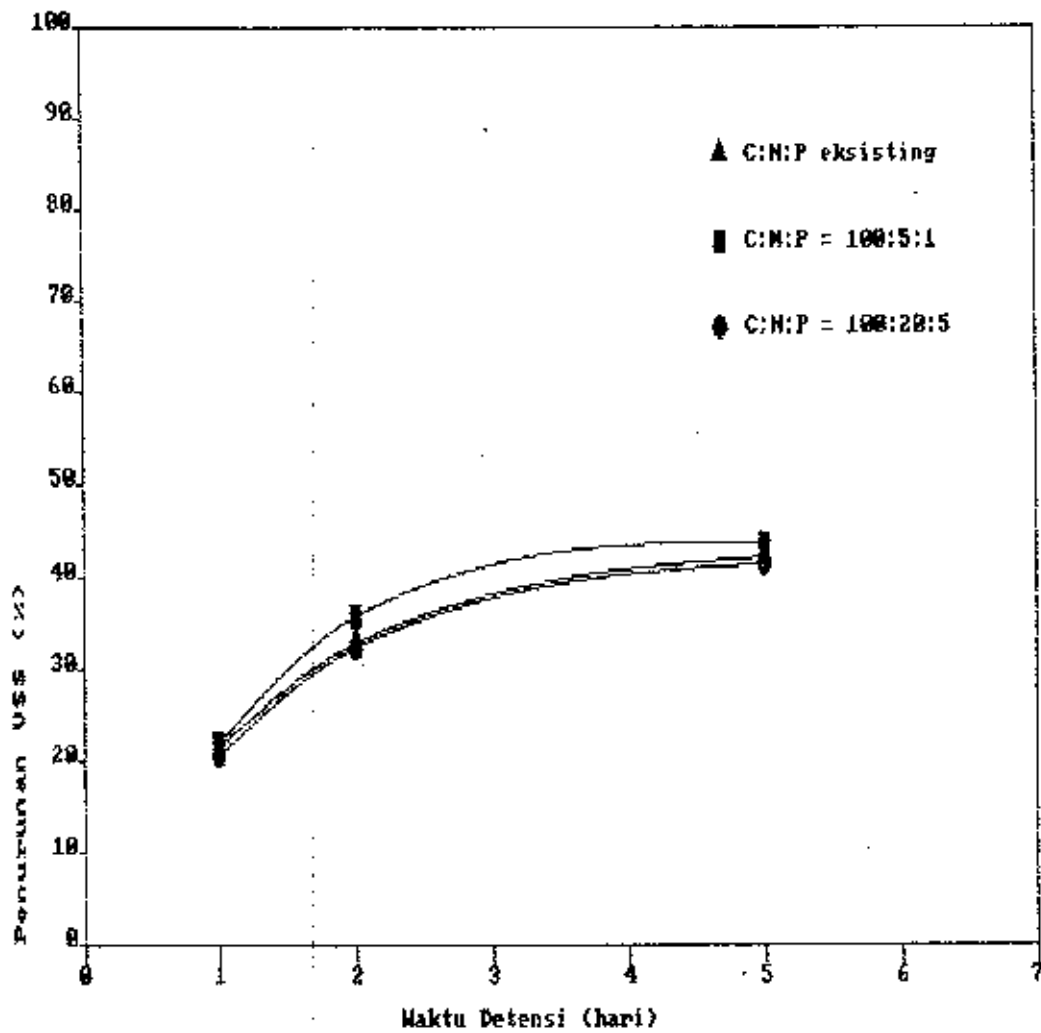
Gambar 4.5. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi COD pada proses kontinyu untuk white liquor



Gambar 4.6. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi BOD pada proses kontinyu untuk white liquor



Gambar 4.7. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi SS pada proses kontinyu untuk white liquor



Gambar 4.8. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi VSS pada proses kontinyu untuk white liquor

4.2. PENGARUH RASIO C:N:P TERHADAP PENGOLAHAN LIMBAH BLACK LIQUOR

Pada limbah black liquor, penurunan konsentrasi COD, BOD, SS dan VSS lebih kecil dari pada limbah white liquor, baik pada proses batch, maupun kontinyu. Penurunan konsentrasi COD dan BOD yang kecil, disebabkan karena limbah black liquor mengandung zat organik yang non biodegradable, sehingga jika diolah secara biologis tidak akan memberikan hasil yang bagus. Effluen black liquor yang telah diolah juga tidak mengalami perubahan secara fisik, yaitu tetap berwarna hitam. Karena mempunyai BOD yang tinggi, untuk memenuhi rasio C:N:P = 100:5:1 dan 100:20:5 membutuhkan penambahan nutrien yang cukup banyak, di mana konsentrasi nutrien yang tinggi dapat mengganggu proses pengolahan secara anaerobik.

Hasil penurunan konsentrasi yang paling bagus terjadi pada rasio C:N:P = 100:20:5, tetapi dengan konsekuensinya mempunyai effluen dengan konsentrasi NO_3 , N-KJ dan PO_4 yang cukup tinggi. Keadaan ini selain dapat mengganggu prosesnya sendiri, juga dapat mengganggu kehidupan badan air penerima.

Pada kondisi eksisting rasio C:N:P = 100:1,17:0,067 (berdasarkan BOD), COD:N = 100:0,584 dan COD:P = 100:0,0004. Pada kondisi ini meskipun nilai COD:N kecil, tetapi konsentrasi N-Kj besar, yaitu sekitar 350 mg/l, sedangkan untuk phosphor tetap tidak memenuhi. Untuk rasio C:N:P = 100:5:1, COD:N = 100:2,512 dan COD:P = 100:0,28; untuk nilai ini telah memenuhi kebutuhan nitrogen dan phosphor, konsentrasi effluen N-Kj cukup besar,

Tabel 4.6. Data Nutrien Proses Batch (Black Liquor)

Id (hari)	C:N:P	BOD (mg/l) influen	% effluen	NO ₃ (mg/l) influen	NO ₃ (mg/l) effluen	N-Kj (mg/l) influen	N-Kj (mg/l) effluen	P04 (mg/l) influen	P04 (mg/l) effluen
1	eksisting	30650	28014	8,6	38,43	21,40	320,18	339,37	20,54
	100: 5:1	30650	27984	8,7	135,60	120,20	1397,00	1417,05	306,50
	100:20:5	30650	27830	9,2	543,20	494,63	5587,00	5598,23	1532,50
2	eksisting	30650	27125	11,5	38,43	20,82	320,18	346,26	20,54
	100: 5:1	30650	25960	15,3	135,60	121,35	1397,00	1420,82	306,50
	100:20:5	30650	24428	20,3	543,20	497,68	5587,00	6007,46	1532,50
5	eksisting	30650	24886	18,0	38,43	18,34	320,18	358,35	20,54
	100: 5:1	30650	24397	20,4	135,60	119,16	1397,00	1433,14	306,50
	100:20:5	30650	23080	24,7	543,20	496,12	5587,00	6019,31	1532,50
1	eksisting	31600	28914	8,5	39,62	21,26	330,10	340,27	21,17
	100: 5:1	31600	28661	9,3	153,23	123,04	1427,00	1439,06	316,00
	100:20:5	31600	28693	9,2	625,14	515,80	5694,90	5715,14	1580,00
2	eksisting	31600	27650	12,5	39,62	20,96	330,10	348,43	21,17
	100: 5:1	31600	26102	17,4	153,23	120,25	1427,00	1437,15	316,00
	100:20:5	31600	25090	20,6	625,14	514,95	5694,90	5720,93	1580,00
5	eksisting	31600	25248	20,1	39,62	18,87	330,10	345,82	21,17
	100: 5:1	31600	24743	21,7	153,23	119,41	1427,00	1437,28	316,00
	100:20:5	31600	24079	23,8	625,14	510,32	5694,90	5761,54	1580,00
1	eksisting	31180	28218	9,5	39,10	27,65	325,70	338,70	20,90
	100: 5:1	31180	28592	8,3	155,00	128,29	1404,00	1480,48	312,00
	100:20:5	31180	27844	10,7	574,12	530,03	5661,80	5670,43	1559,00
2	eksisting	31180	27625	11,4	39,10	20,12	325,70	340,73	20,90
	100: 5:1	31180	25786	17,3	155,00	120,20	1404,00	1481,27	312,00
	100:20:5	31180	25474	18,3	574,12	541,12	5661,80	5678,31	1559,00
5	eksisting	31180	25318	18,8	39,10	18,3	325,70	342,85	20,90
	100: 5:1	31180	24819	20,4	155,00	118,35	1404,00	1482,10	312,00
	100:20:5	31180	23572	24,4	574,12	532,85	5661,80	5679,16	1559,00

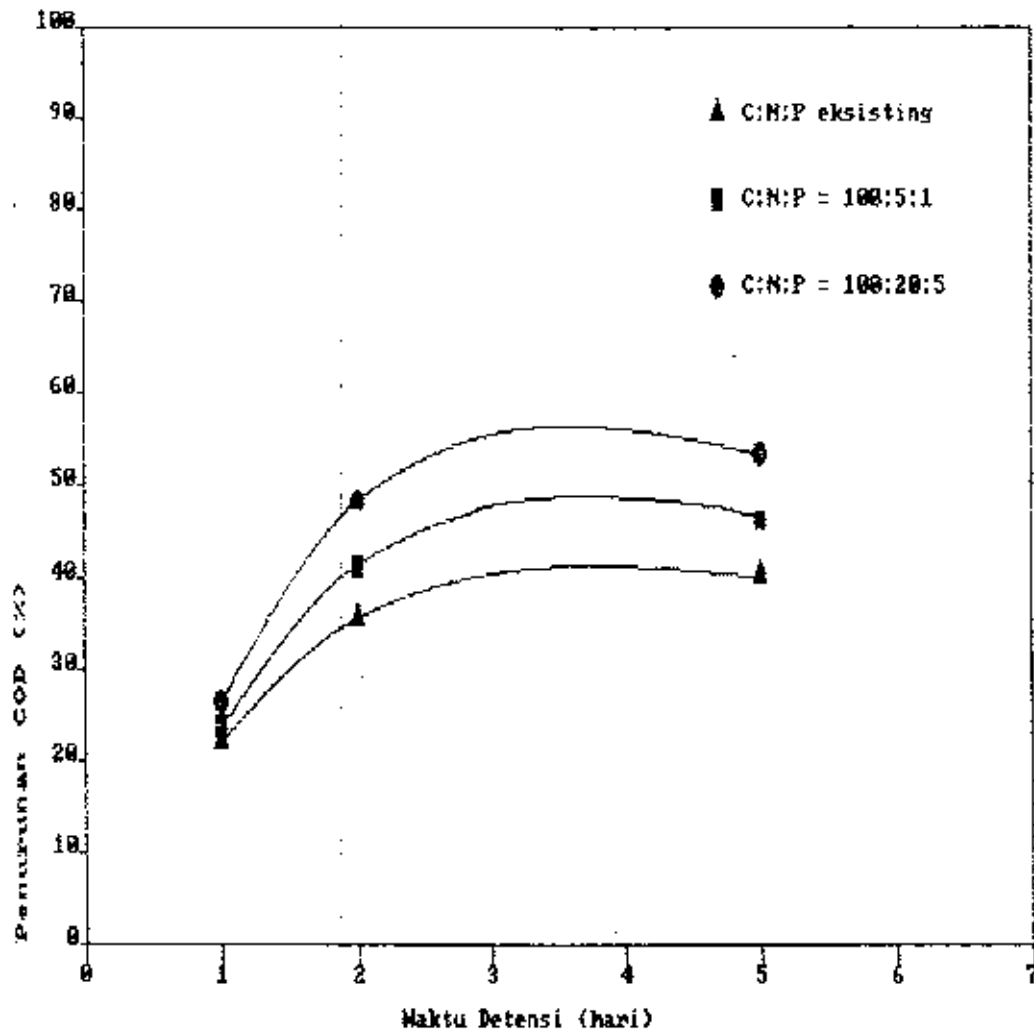
Tabel 4.7. Data Hasil Pengamatan Pada Proses Kontinyu (Black Liquor)

td (hari)	C:N:P	PV (mg/l)		BOD (mg/l)		COD (mg/l)		SS (mg/l)		VSS (mg/l)		Gas (l)			
		influen	effluen	influen	offluen %	influen	offluen %	influen	offluen %	influen	offluen %	influen	offluen %		
1	eksisting	40370	31170	29892	4,1	62310	55082	11,6	16130	14452	10,4	12026	11112	7,6	2984
	100: 5:1	40665	31400	29893	4,8	62765	53540	14,7	15945	14143	11,3	11890	10909	8,3	3808
	100:20:5	40430	31210	29181	6,5	62400	50294	19,4	15985	14275	10,7	11920	10943	8,2	4997
2	eksisting	40450	31230	28698	9,3	62430	47135	24,5	15980	12704	20,5	11245	9480	15,7	6313
	100: 5:1	40325	31140	27360	11,5	62240	44004	29,3	15875	12509	21,2	11835	10001	15,5	7528
	100:20:5	40865	31550	26630	15,6	63075	40905	36,1	15935	12844	19,4	11880	9932	16,4	9400
5	eksisting	40870	31550	27355	12,3	63080	44093	30,1	15975	10799	32,4	11910	9516	20,1	7840
	100: 5:1	40650	31380	25794	17,8	62745	40282	35,8	16165	10734	33,6	11980	9380	21,7	9270
	100:20:5	40780	31485	24020	23,7	62940	35120	42,2	15850	10652	32,8	11820	9066	23,3	11485
1	eksisting	40665	31400	24799	5,1	62760	55982	10,8	16315	14814	9,2	12090	11316	6,4	2795
	100: 5:1	40370	31170	29705	4,7	62300	52768	15,3	16082	14200	11,7	11920	10954	8,1	3930
	100:20:5	40455	31235	29298	6,2	62498	50762	18,7	16170	14165	12,4	11987	11052	7,8	4820
2	eksisting	39895	30800	28059	8,9	61575	47536	22,8	15780	12892	18,3	11695	10268	12,2	5775
	100: 5:1	40230	31050	27697	10,8	62090	42470	31,6	16130	12856	20,3	11956	10294	13,9	8099
	100:20:5	39940	30820	26228	14,9	61643	39143	36,5	16305	13077	19,8	12085	10236	15,3	9268
5	eksisting	39865	30800	27146	11,7	61530	42210	31,4	16010	11335	29,2	11865	9670	18,5	7975
	100: 5:1	40230	31485	25755	18,2	62845	39467	37,2	15940	10760	32,5	11813	9380	20,6	9650
	100:20:5	39940	31305	23604	24,6	62562	34034	45,6	15885	10865	31,6	11774	9266	21,3	11766
1	eksisting	39880	30792	29437	4,4	61550	53979	12,3	15880	14022	11,7	11768	10773	8,5	3125
	100: 5:1	39765	30703	29137	5,1	61378	52417	14,6	16050	13947	13,1	11893	10609	10,8	3700
	100:20:5	39865	30785	28876	6,2	61525	48297	21,5	16150	13954	13,6	11986	10592	9,6	5460
2	eksisting	40450	31263	27980	10,5	62430	46323	25,8	15960	13007	18,5	11832	9856	16,7	6650
	100: 5:1	40275	30967	26848	13,3	62160	43574	29,9	15980	12928	19,1	11892	9799	17,6	7672
	100:20:5	39750	30690	25534	16,8	61350	41595	32,2	16140	12880	20,2	11754	9979	15,1	8155
5	eksisting	39170	30245	25950	14,2	60450	40441	33,1	15860	10832	31,7	11752	9355	20,4	8260
	100: 5:1	40090	30958	26231	18,5	61880	38180	38,3	15990	10298	35,6	11850	9207	22,3	9810
	100:20:5	39960	30854	23233	24,7	61630	32294	47,6	16060	10551	34,3	11908	8943	24,9	12100

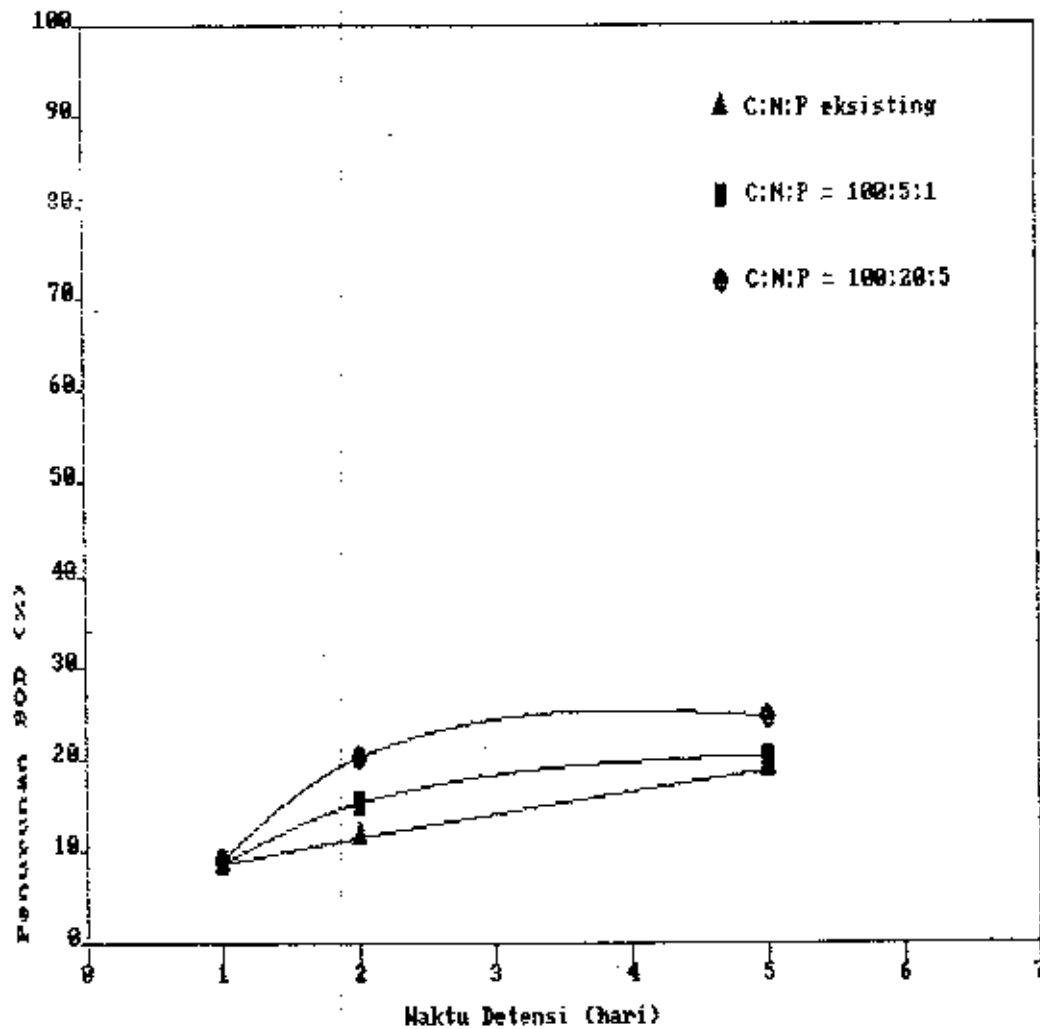
Tabel 4.8. Data Nutrien Proses Continus (Black Liquor)

Id (hari)	C:N:P	800 (mg/l) influen	800 (mg/l) effluen	%	NO ₃ (mg/l) influen	NO ₃ (mg/l) effluen	N-Kj (mg/l) influen	N-Kj (mg/l) effluen	influen	effluen
1	eksisting 100: 5:1 100:20:5	31170 31400 31210	29892 29899 29181	4,1 4,0 6,5	99,10 162,65 623,78	25,76 130,45 545,62	325,60 1407,50 5619,20	342,23 1460,09 5760,44	20,90 314,00 1560,50	23,60 921,22 1620,62
2	eksisting 100: 5:1 100:20:5	31230 31140 31550	28638 27560 26630	9,9 11,5 15,6	99,15 161,50 652,40	24,26 120,32 543,65	326,24 1395,50 5657,61	345,57 1451,18 5924,63	20,92 311,40 1577,50	24,15 324,72 1752,76
5	eksisting 100: 5:1 100:20:5	31550 31380 31485	27355 25794 24020	12,3 17,8 23,7	99,55 154,00 630,00	20,07 115,16 512,22	329,60 1415,00 5667,00	339,16 1482,31 5860,50	21,14 311,70 1561,75	25,92 922,80 1756,55
1	eksisting 100: 5:1 100:20:5	31400 31170 31235	24799 29705 29298	5,1 4,7 6,2	99,40 162,72 645,88	26,28 112,54 515,12	328,00 1395,80 5601,00	342,65 1455,16 5895,92	21,04 311,70 1561,75	25,16 924,68 1743,12
2	eksisting 100: 5:1 100:20:5	30800 31050 30820	28059 27697 26228	8,9 10,8 14,9	98,61 158,40 618,10	19,56 108,23 502,53	321,75 1394,10 5546,00	383,58 1464,94 5918,63	20,64 310,50 1541,00	25,81 928,10 1743,86
5	eksisting 100: 5:1 100:20:5	30800 31485 31305	27146 25755 23604	11,7 18,2 24,6	98,11 159,00 636,30	19,31 108,98 510,14	321,75 1415,22 5624,71	350,17 1468,29 5971,08	20,64 314,85 1565,25	24,67 928,54 1788,60
1	eksisting 100: 5:1 100:20:5	30792 30709 30785	29437 29137 28876	4,4 5,1 6,2	98,60 155,60 648,00	25,68 105,42 518,96	321,76 1380,00 5509,00	348,6 1494,28 5896,19	20,63 307,00 1539,25	24,92 920,39 1790,20
2	eksisting 100: 5:1 100:20:5	31263 30967 30690	27980 26848 25534	10,5 13,3 16,8	99,20 157,00 642,72	20,92 110,76 521,15	326,60 1532,66 5495,30	350,52 1567,55 5856,85	20,95 310,00 1594,50	25,90 925,43 1774,42
5	eksisting 100: 5:1 100:20:5	30245 30958 30854	25950 26231 23238	14,2 18,5 24,7	96,00 146,87 639,86	17,04 115,22 541,36	316,00 1401,00 5530,94	348,22 1492,23 5963,43	20,26 310,00 1542,70	24,66 918,45 1768,43

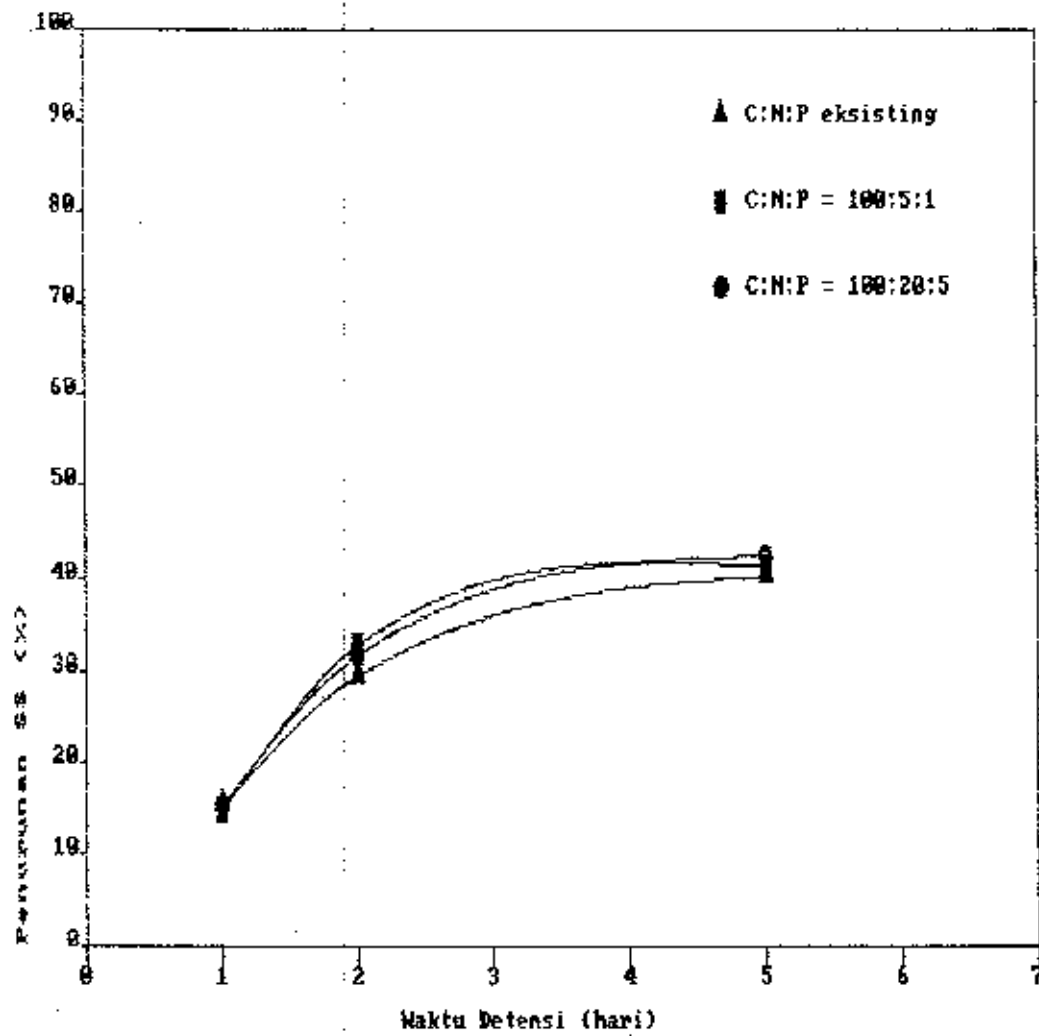
yaitu sekitar 1400 mg/l dan konsentrasi effluen orthophosphat sekitar 330 mg/l. Dan untuk rasio C:N:P = 100:20:5, nilai COD:N = 100:10,022 dan COD:P = 100:2,73 dengan konsentrasi effluen untuk N-Kj sekitar 5950 mg/l dan orthophosphat sekitar 1700 mg/l. Jika dilihat dari effluen N-Kj dan orthophosphat yang cukup tinggi, maka konsentrasi effluen orthophosphat yang tinggi dapat merupakan masalah, karena dapat menyebabkan timbulnya endapan dalam reaktor.



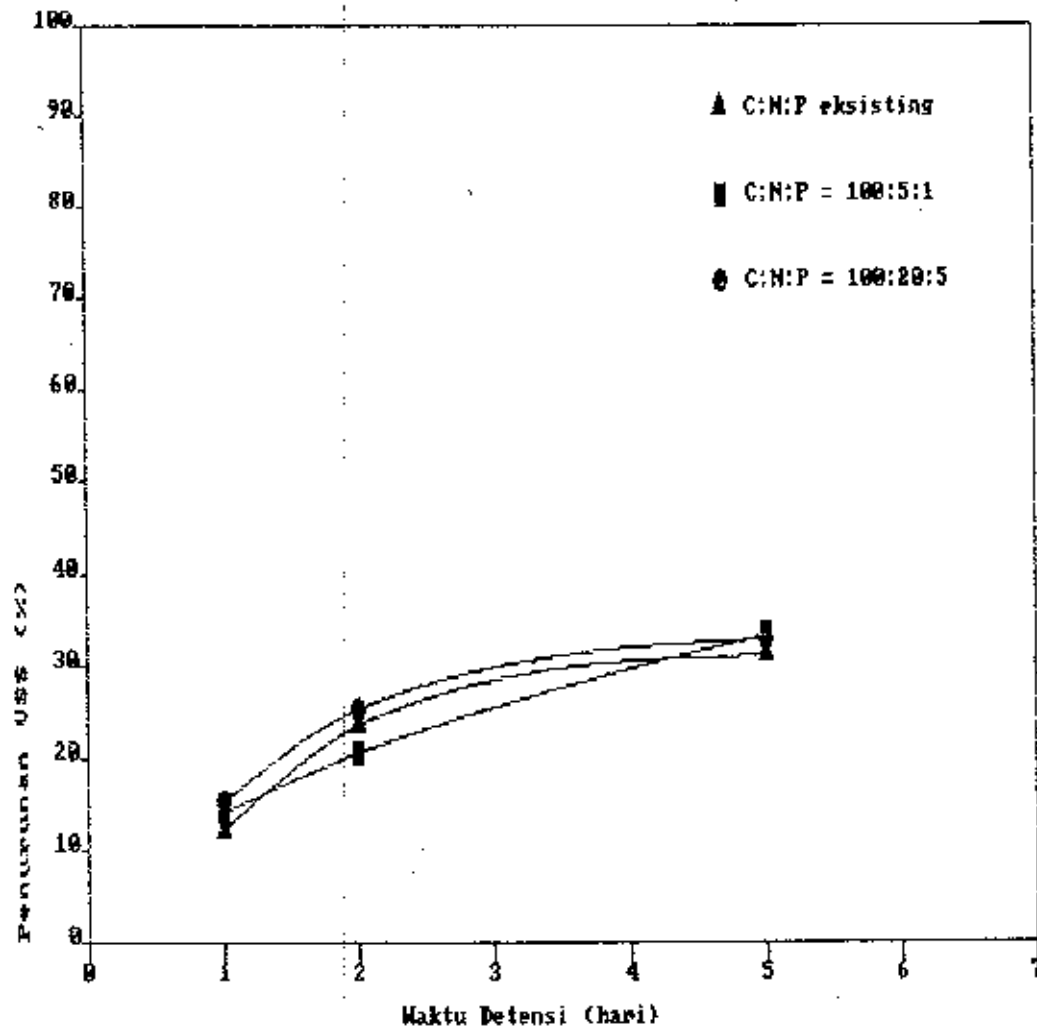
Gambar 4.9. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi COD pada proses batch untuk black liquor



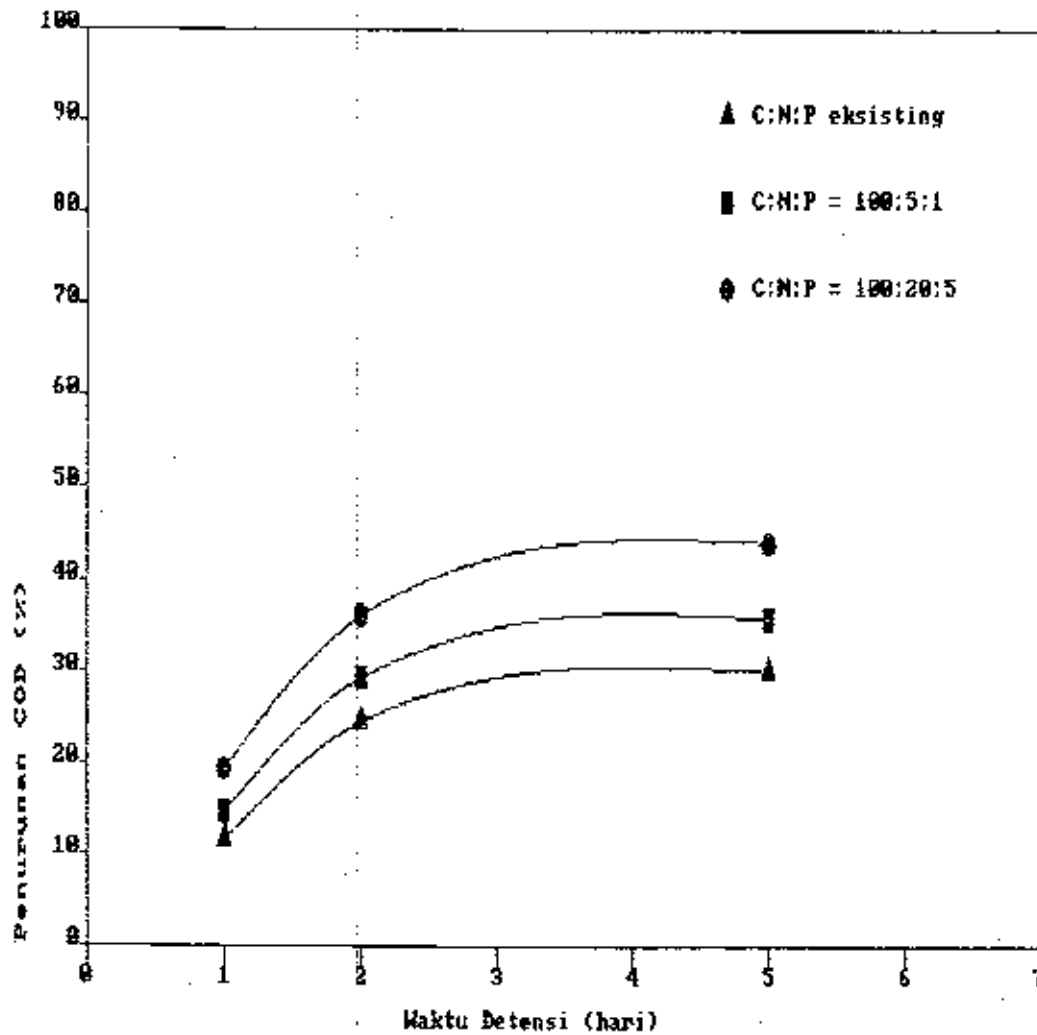
Gambar 4.10. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi BOD pada proses batch untuk black liquor



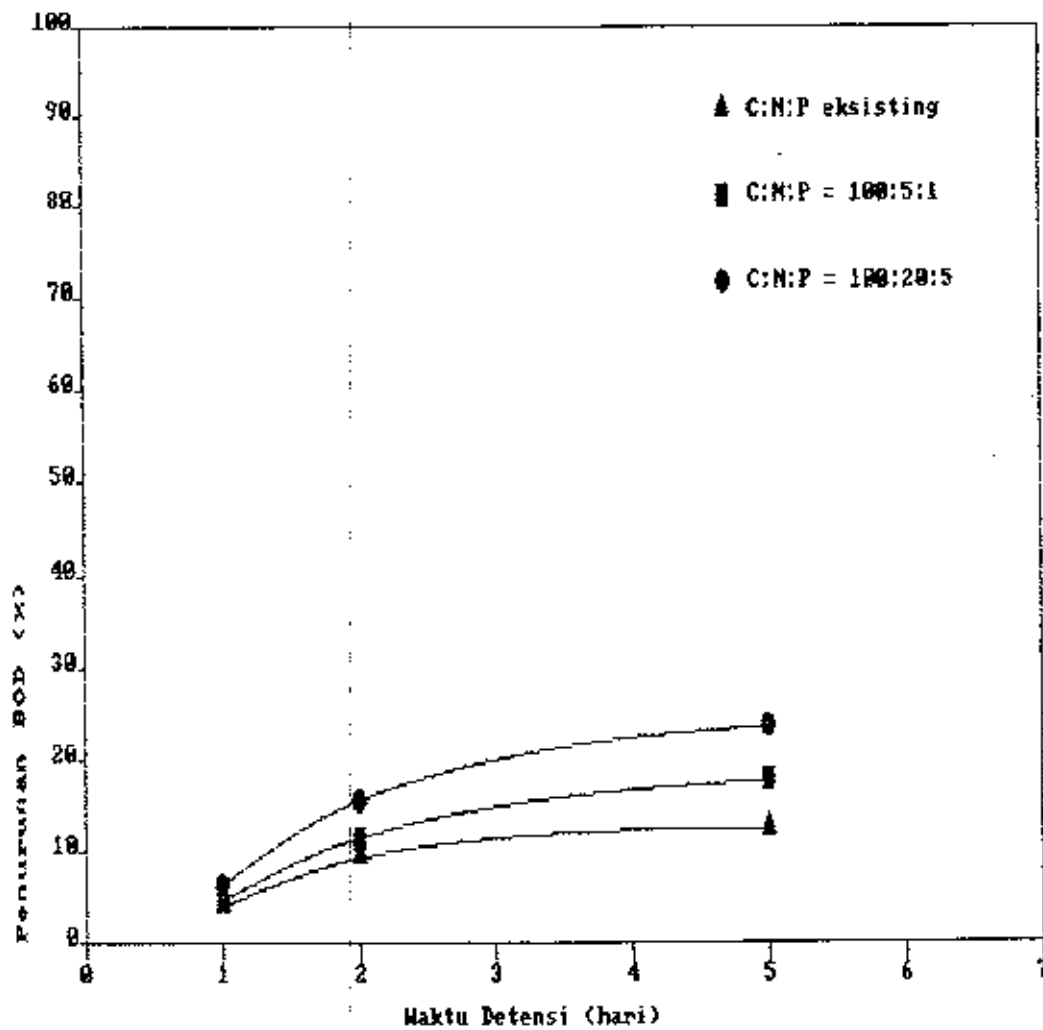
Gambar 4.11. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi SS pada proses batch untuk black liquor



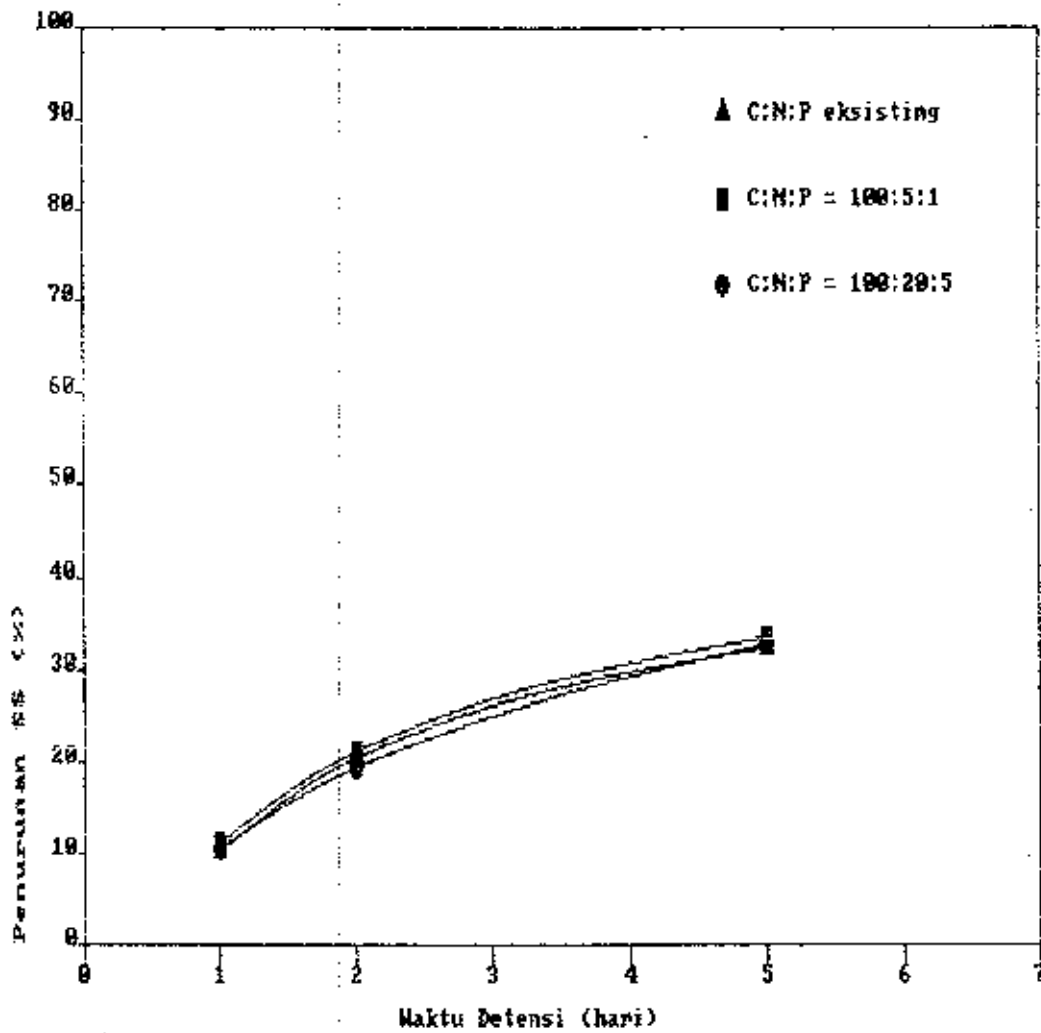
Gambar 4.12. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi VSS pada proses batch untuk black liquor



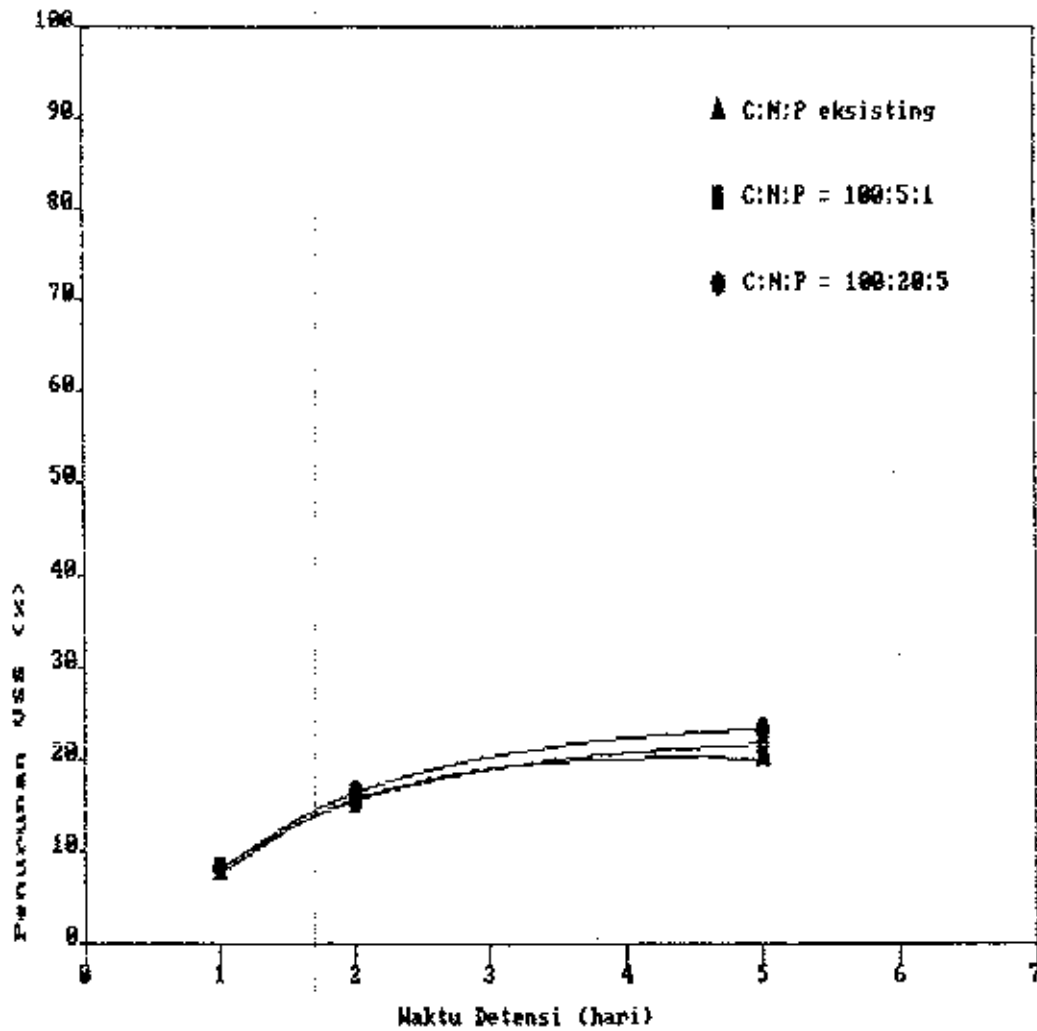
Gambar 4.13. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi COD pada proses kontinyu untuk black liquor



Gambar 4.14. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi BOD pada proses kontinyu untuk black liquor



Gambar 4.15. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi SS pada proses kontinyu untuk black liquor



Gambar 4.16. Pengaruh rasio C:N:P terhadap penurunan konsentrasi VSS pada proses kontinyu untuk black liquor

DAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Perbandingan C : N : P = 100:5:1 menghasilkan penurunan konsentrasi zat organik yang terbaik untuk limbah white liquor, sedangkan untuk limbah black liquor yang paling baik adalah perbandingan C:N:P = 100:20:5.
2. Pada penelitian ini kemampuan reaktor anaerobik aliran horizontal untuk mengolah limbah industri kertas yang terbaik dengan waktu detensi sekitar 2,5 hari.
3. Untuk mengetahui kebutuhan nutrisi dapat dilakukan dengan nilai perbandingan C:N dan C:P pada influen, atau dari nilai konsentrasi effluent N dan P dapat juga diketahui apakah kebutuhan nutriennya telah dipenuhi.
4. Waktu detensi yang lebih lama tidak menjamin penurunan konsentrasi zat organik yang lebih besar, hal ini dapat dilihat pada penurunan konsentrasi BOD, COD, SS dan VSS dari waktu detensi 1 hari ke 2 hari lebih besar dari pada 2 hari ke 5 hari.

5.2. SARAN

Untuk meningkatkan performance reaktor dapat dilakukan
recirkulasi lumpur, dan proses anaerobik ini harus diikuti
oleh proses aerobik untuk mendapatkan effluent lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Alaerts G, Sumescri S* (1987). Metode Penelitian Usaha Nasional.
2. *Benefield Larry D, Randall Clifford W* (1981). Biological Process Design For Wastewater Treatment. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs
3. *Gaudy Jr Anthony F, Gaudy Elizabeth T*. Microbiology For Environmental Scientists and Engineers.
4. *Hammer Mark J* (1977). Water and Wastewater Technology, SI Version. John Wiley and Sons, Inc, Toronto.
5. *Metcalf and Eddy, Inc* (1979). Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse. Second Edition, McGraw-Hill.
6. *Payne W. J*. Denitrification (1981) .John Wiley and Sons, New York.
7. *Price Elizabeth C, Cheremisinoff Paul N* (1981). Biogas Production and Utilization . Ann Arbor Science.
8. *Stuckey David C*, (1983) Technology Assessment Study of Biogas In Developing Countries . IRCWD.
9. *Suriawiria Unus*, Pengantar Mikrobiologi Umum. Angkasa Bandung
10. *Verstruchte W* . (1983) Biomethanation of Wastes : Perspectives and in Proceedings Biotech.
11. *Vijayeswaran S, Balasuriya R. L. N, Viraraghavan T* .(1983) Anaerobic Wastewater Treatment Attached Growth and Sludge Blanket Process . Environmental Sanitation Information Center. Bangkok, Thailand.

12. *Water Pollution Control Federation* .(1983) Nutrient Control.

LAMPIRAN 1 :

PERHITUNGAN DEBIT INFLUENT

Volume reaktor anaerobik adalah 160 l, sehingga debit yang masuk (Q_{inf}) ke dalam reaktor adalah :

- Untuk waktu detensi hidrolis, $t_d = 1$ hari,

$$Q_{inf} = \frac{16.000 \text{ ml}}{1 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ menit}} = 11,1 \text{ ml/menit}$$

- Untuk waktu detensi hidrolis, $t_d = 2$ hari,

$$Q_{inf} = \frac{16.000 \text{ ml}}{2 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ menit}} = 5,5 \text{ ml/menit}$$

- Untuk waktu detensi hidrolis, $t_d = 5$ hari

$$Q_{inf} = \frac{16.000 \text{ ml}}{5 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ menit}} = 2,3 \text{ ml/menit}$$

LAMPIRAN 2 :

PEMBENIHAN (SEEDING)

Pembenihan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Siapkan \pm 300 ml lumpur dalam erlenmeyer 2000 ml.
- Tambahkan sampel air buangan dengan pembebanan sesuai dengan yang direncanakan sampai mencapai volume 2000 ml.
- Atur pH sekitar 7.
- Jika telah timbul gelembung-gelembung gas yang ditandai dengan turunnya muka air dalam tabung penangkap gas, berarti telah ada aktifitas mikroorganisma yang telah beradaptasi.
- Pembenuhan secara batch dapat dihentikan untuk dilanjutkan dengan pembenihan secara kontinyu.
- selanjutnya dilakukan pembenihan secara kontinyu dalam reaktor anaerobik aliran horizontal.

LAMPIRAN 3 :

PEMBEBANAN

3.1. LIMBAH WHITE LIQUOR

Dalam penelitian ini volume limbah = 100 liter.

Sampel asli mempunyai nilai C : N : P = 100 : 0,2552 : 0,021 maka perhitungan penambahan Urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) dan KH_2PO_4 masing - masing sebesar :

1. untuk C : N : P = 100 : 5 : 1

- Penambahan Urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) (berat molekul 60) sejumlah :

$$N = 5 - 0,2552 = 4,7448 \text{ mg/l}$$

$$\text{Urea yang dibutuhkan} = 60/28 \times 4,7448 = 10,1674 \text{ mg/l}$$

- Penambahan KH_2PO_4 (berat molekul 136) sejumlah :

$$P = 1 - 0,021 = 0,979 \text{ mg/l}$$

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 \text{ yang dibutuhkan} = 136/31 \times 0,979 = 4,2950 \text{ mg/l}$$

2. untuk C : N : P = 100 : 20 : 5

- Penambahan Urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) (berat molekul 60) sejumlah :

$$N = 20 - 0,2552 = 19,7448 \text{ mg/l}$$

$$\text{Urea yang dibutuhkan} = 60/28 \times 19,7448 = 42,3103 \text{ mg/l}$$

- Penambahan KH_2PO_4 (berat molekul 136) sejumlah :

$$P = 5 - 0,021 = 4,979 \text{ mg/l}$$

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 \text{ yang dibutuhkan} = 136/31 \times 4,979 = 21,8434 \text{ mg/l}$$

3.2. LIMBAH BLACK LIQUOR

Dalam penelitian ini volume limbah = 100 liter.

Sampel asli mempunyai nilai C : N : P = 100 : 1,17 : 0,067; maka perhitungan penambahan Urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) dan KH_2PO_4 masing - masing sebesar :

1. untuk C : N : P = 100 : 5 : 1

- Penambahan Urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) (berat molekul 60) sejumlah :

$$N = 5 - 1,17 = 3,83 \text{ mg/l}$$

$$\text{Urea yang dibutuhkan} = 60/28 \times 3,83 = 8,0271 \text{ mg/l}$$

- Penambahan KH_2PO_4 (berat molekul 136) sejumlah :

$$P = 1 - 0,067 = 0,933 \text{ mg/l}$$

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 \text{ yang dibutuhkan} = 136/31 \times 0,933 = 4,0932 \text{ mg/l}$$

2. untuk C : N : P = 100 : 20 : 5

- Penambahan Urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) (berat molekul 60) sejumlah :

$$N = 20 - 1,17 = 18,83 \text{ mg/l}$$

$$\text{Urea yang dibutuhkan} = 60/28 \times 18,83 = 40,350 \text{ mg/l}$$

- Penambahan KH_2PO_4 (berat molekul 136) sejumlah :

$$P = 5 - 0,067 = 4,933 \text{ mg/l}$$

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 \text{ yang dibutuhkan} = 136/31 \times 4,933 = 21,6415 \text{ mg/l}$$

LAMPIRAN 4 :

PERHITUNGAN DEBIT PEMBUANGAN LUMPUR UNTUK PENGATURAN UMUR LUMPUR

PERHITUNGAN DEBIT PEMBUANGAN LUMPUR

$$Q_w = Y - TSSe$$

dimana, Y = produksi lumpur (g TSS/hari)

$TSSe$ = TSS effluent (g TSS/hari)

$$Y = \frac{V \times X}{\theta_c}$$

dimana, V = volume reaktor (l)

X = konsentrasi SS (mg/l)

θ_c = umur lumpur (hari)

PERHITUNGAN UNTUK WHITE LIQUOR

Diketahui : - volume reaktor, $V = 180$ l

- konsentrasi SS, $X = 1,319$ g/l

- $TSSe = 0,706$ g/l

maka,

$$Y = \frac{180 \text{ l} \times 1,319 \text{ g/l}}{1 \text{ hari}} = 211,04 \text{ g/hari}$$

$$TSSe = 0,706 \text{ g/l} \times \frac{180 \text{ l}}{1 \text{ hari}} = 112,96 \text{ g/hari}$$

$$Q_w = 211,04 \text{ g/hari} - 112,96 \text{ g/hari} = 98,09 \text{ g/hari}$$

Dengan cara yang sama dapat diketahui debit pembuangan lumpur untuk :

1. waktu detensi 2 hari, $Q_w = 154,57 \text{ g/hari}$
2. waktu detensi 5 hari, $Q_w = 188,45 \text{ g/hari}$

PERHITUNGAN UNTUK BLACK LIQUOR

Diketahui : - volume reaktor, $V = 180 \text{ l}$
 - konsentrasi SS, $X = 18,131 \text{ g/l}$
 - TSSe $= 12,613 \text{ g/l}$

maka,

$$Y = \frac{180 \text{ l} \times 18,131 \text{ g/l}}{1 \text{ hari}} \\ = 2580,96 \text{ g/hari}$$

$$\text{TSSe} = 12,613 \text{ g/l} \times \frac{180 \text{ l}}{1 \text{ hari}} = 20180,08 \text{ g/hari}$$

$$Q_w = 2580,96 \text{ g/hari} - 2018,08 \text{ g/hari} \\ = 562,88 \text{ g/hari}$$

Dengan cara yang sama dapat diketahui debit pembuangan lumpur untuk :

1. waktu detensi 2 hari, $Q_w = 1571,92 \text{ g/hari}$
2. waktu detensi 5 hari, $Q_w = 2177,34 \text{ g/hari}$



LAMPIRAN 5 :

PROSEDUR ANALISA KONSENTRASI PARAMETER

5.1. ANALISA N-KJELDAHL

5.1.1. Alat-Alat

- a. 1 unit Spectrofotometer (*Spectronic 20*)
- b. 2 buah labu Kjeldahl 250 ml dan pemanas
- c. 4 buah erlenmeyer 100 ml
- d. Beberapa buah pipet volum
- e. Cuvet

5.1.2. Reagen

- a. Larutan *standard ammonia*
- b. Larutan *sodium hidroksida thiosulfat*
- c. Larutan *peleburan*
- d. Larutan *Nessler*
- e. Larutan *indikator phenolphthalien*
- f. Larutan *asam borat*, H_3BO_3
- g. Larutan *buffer borat*
- h. Larutan *sodium hidroksida 8 N*
- i. *Air suling bebas ammonia*

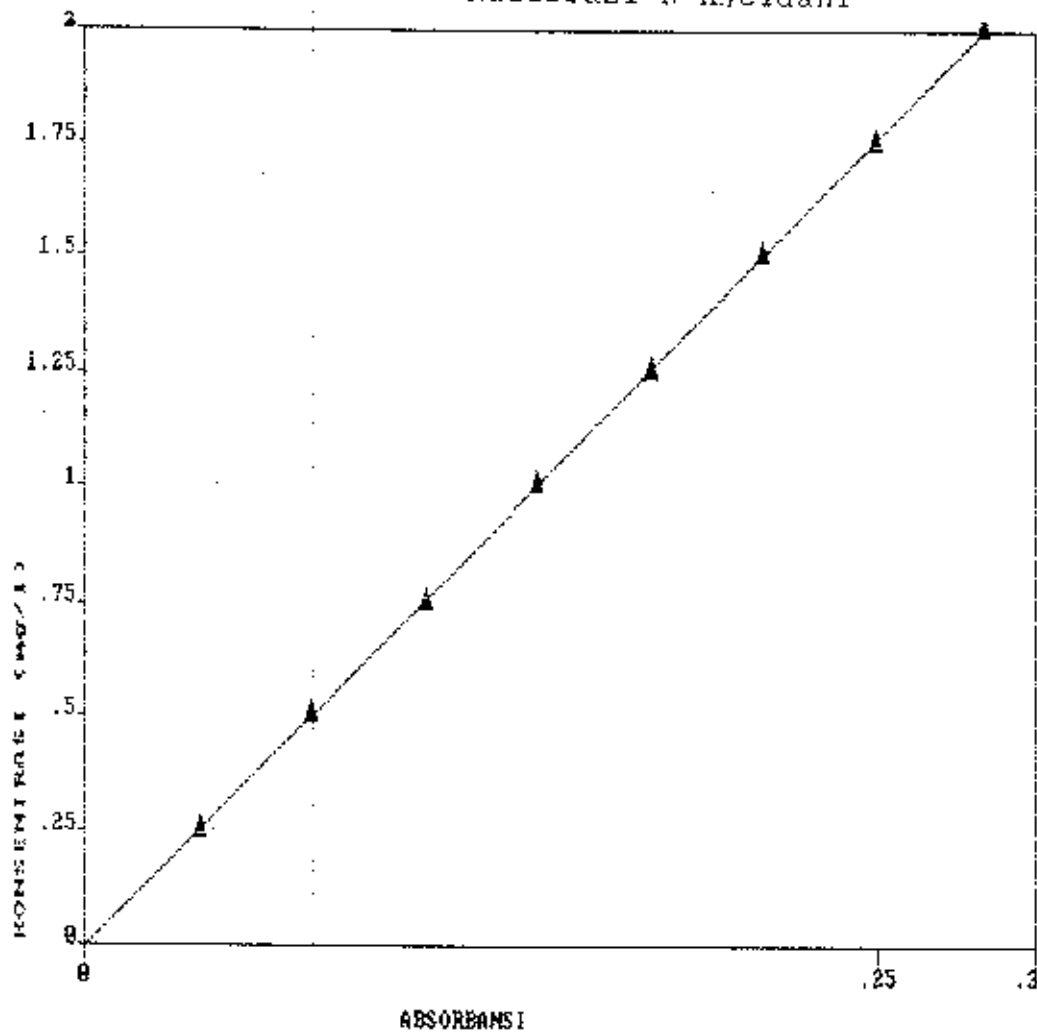
5.1.3. Cara Kerja

- a. Tuangkan volume sampel asli yang telah diencerkan terlebih dahulu ke dalam labu Kjeldahl 250 ml.
- b. Tambahkan *reagen peleburan*, lakukan dengan hati-hati
- c. Masukkan ke dalam labu Kjeldahl beberapa batu didih dan kocoklah campuran sampel tersebut.
- d. Lakukan digest pada sampel sampai uap SO_3 keluar.
- e. Tambahkan 10 tetes *indikator pp*. Miringkan labu dan tuang dengan hati-hati *reagen hidroksid thiosulfat* kira-kira sebanding dengan *reagen peleburan* yang telah telah ditambahkan sebelumnya.
- f. Lakukan dalam suasana basa dengan menambahkan *reagen natrium hidroksid* sampai warna merah muncul.
- g. Lakukan destilasi.
- h. Tambahkan *reagen Nessler*.
- i. Segera kocok dengan merata dan biarkan selama \pm 7 menit
- j. Siapkan larutan blanko. Baca absorbansinya pada unit Spectronic 20 dengan panjang gelombang 410 nm.
- k. Baca konsentrasinya pada *Grafik Kalibrasi N-Kjeldahl*

5.1.4. AQC N-Kjeldahl

- a. Persiapkan larutan - larutan standar yang diperlukan untuk analisa N-Kjeldahl sesuai petunjuk yang ada. Larutan ini diusahakan dibuat mendekati konsentrasi sampel yang akan dianalisa untuk menambah ketelitian. Selain itu, larutan standar harus dibuat dari bahan kimia yang pro-analisa.
- b. Alat - alat kimia yang akan dipergunakan dikalibrasi terlebih dahulu.
- c. Analisa larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya minimal 30 kali.
- d. Hitung nilai rata - rata dan standar deviasi dari data yang telah diperoleh, kemudian buatlah histogramnya dan dicari ukuran akurasi dan presisinya. Hasil ini disesuaikan dengan target akurasi dan presisi yang ada dalam manual.
- e. Setelah itu dibuat *Control Chart* untuk memonitor proses analisa sampel. Faktor penunjang analisa antara lain adalah kondisi analis, reagen yang dipakai, laboratorium dan peralatannya serta penerapan metoda analisa.

Gambar L.1. Kalibrasi N-Kjeldahl

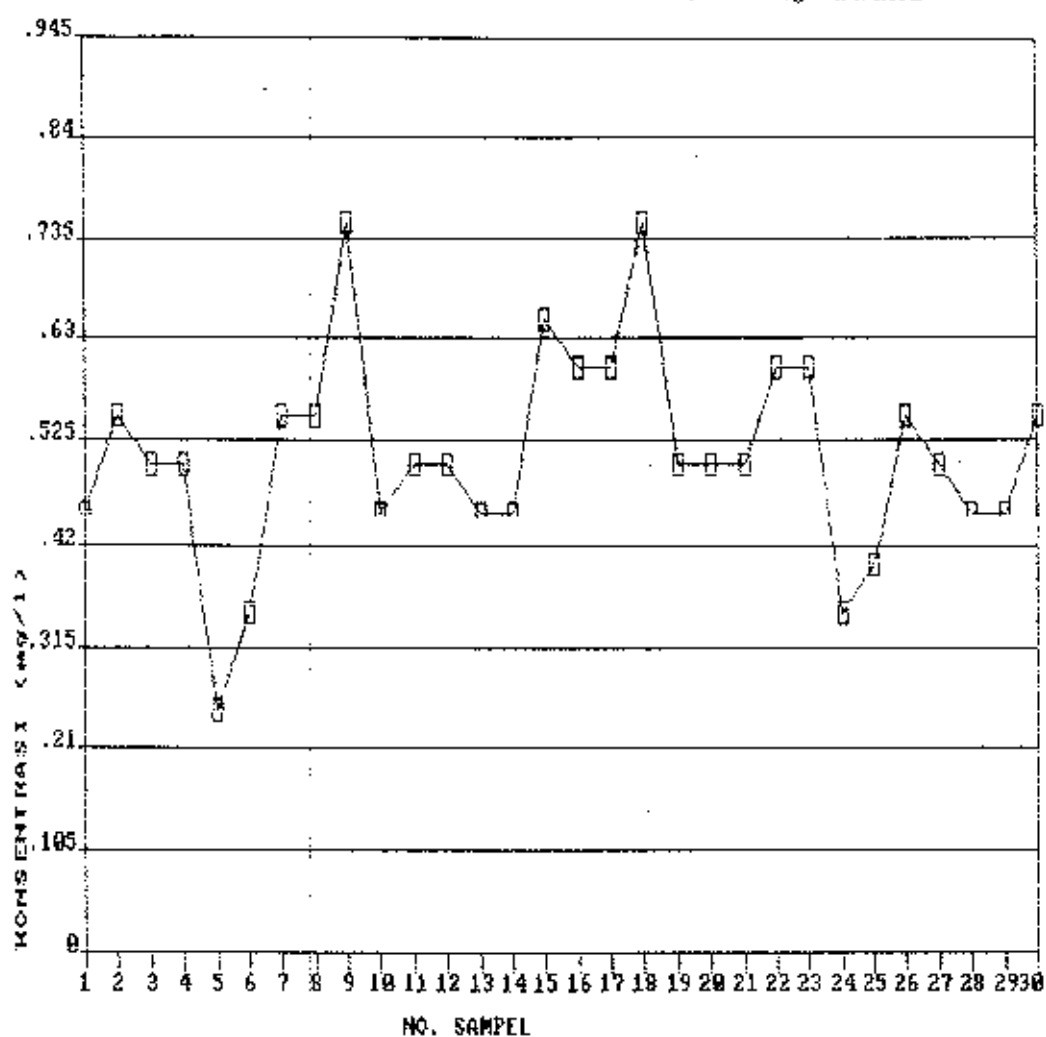


REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 --

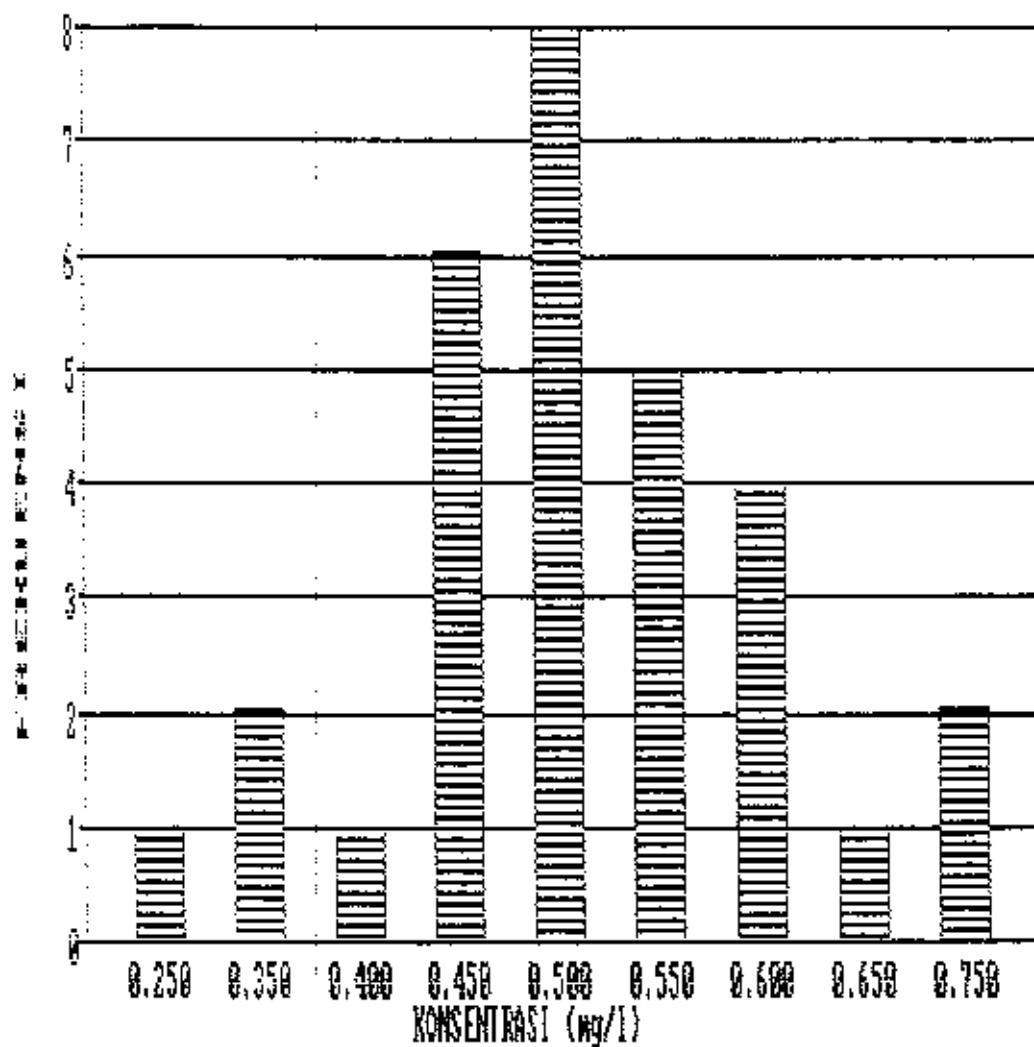
$(-2.506E-03) + (7.047E+00)*X$

THE VARIANCE = 2.956E+06

Gambar L.2: Control Charts AQC N-Kjeldahl



Gambar L.2A: Distribusi Frekuensi AQC N-Kjeldahl .



Tabel L.1. Kalibrasi N-Kjeldahl

KONSENTRASI (ABSORBANSI)		Regression Output:	
0.25	0.035	Constant	0.0025066213
0.50	0.070	Std Err of Y Est	0.0017852527
0.75	0.107	R Squared	0.9997909915
1.00	0.142	No. of Observations	8
1.25	0.176	Degrees of Freedom	6
1.50	0.213	X Coefficient(s)	7.046416
1.75	0.245	Std Err of Coef.	0.008634
2.00	0.284		

Tabel L.2. Hasil Analisa AQC N-Kjeldahl

NO	ABSORBAN	KONSENTRASI (mg/l)	KONSENTRASI (mg/l)	FREKUENSI
1	0.079	0.450	0.250	1.000
2	0.090	0.550	0.350	2.000
3	0.085	0.500	0.400	1.000
4	0.085	0.500	0.450	5.000
5	0.052	0.250	0.500	8.000
6	0.058	0.350	0.550	5.000
7	0.090	0.550	0.600	4.000
8	0.090	0.550	0.650	1.000
9	0.144	0.750	0.750	2.000
10	0.079	0.450		
12	0.085	0.500		
13	0.079	0.450		
14	0.079	0.450		
15	0.120	0.650		
16	0.099	0.600		
17	0.099	0.600		
18	0.144	0.750		
19	0.085	0.500		
20	0.085	0.500		
21	0.085	0.500		
22	0.099	0.600		
23	0.099	0.600		
24	0.058	0.350		
25	0.066	0.400		
26	0.090	0.550		
27	0.085	0.500		
28	0.079	0.450		
29	0.079	0.450		
30	0.090	0.550		

KONS. N Kj : 0.500
 AVERAGE : 0.512
 STD. DEV : 0.105
 MAXIMUM : 0.750
 MINIMUM : 0.250

5.2. ANALISA NITRAT

5.2.1. Alat-Alat

- a. 1 unit Spectrofotometer (*Spectronic 20*)
- b. 8 buah labu ukur 25 ml
- c. 8 buah erlenmeyer 25 ml
- d. Beberapa buah pipet volum
- e. Cuvet

5.2.2. Reagen

- a. Larutan standar nitrat
- b. Larutan *brucine acetat*
- c. Larutan asam sulfat pekat

5.2.3. Cara Kerja

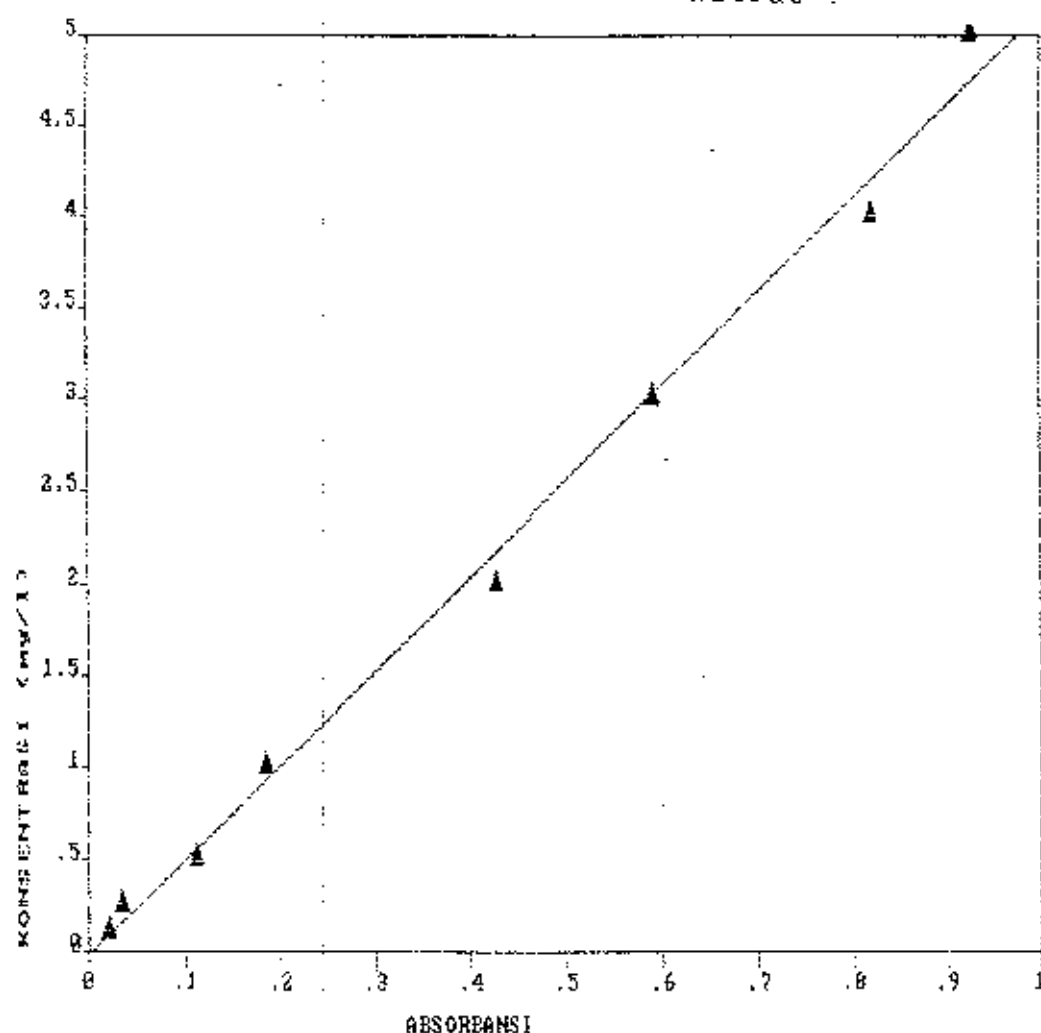
- a. Pipet 2 (dua) ml sampel yang telah disaring dengan pipet volum, kemudian masukkan dalam erlenmeyer 25 ml.
- b. Tambahkan 2 ml reagen *brucine acetat*.
- c. Tambahkan 4 ml larutan H_2SO_4 pekat, kocok segera dan diaman + 7 menit.
- d. Baca absorbansinya pada unit *Spectronic 20*, dengan panjang gelombang 420 nm.
- e. Baca konsentrasinya pada *Grafik Kalibrasi Nitrat*.



5.2.4. AQC Nitrat

- a. Persiapkan larutan - larutan standar yang diperlukan untuk analisa Nitrat sesuai petunjuk yang ada. Larutan ini diusahakan dibuat mendekati konsentrasi sampel yang akan dianalisa untuk menambah ketelitian. Selain itu, larutan standar harus dibuat dari bahan kimia yang pro analisa.
- b. Alat - alat kimia yang akan dipergunakan dikalibrasi terlebih dahulu.
- c. Analisa larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya minimal 30 kali.
- d. Hitung nilai rata - rata dan standar deviasi dari data yang telah diperoleh, kemudian buatlah histogramnya dan dicari ukuran akurasi dan presisinya. Hasil ini disesuaikan dengan target akurasi dan presisi yang ada dalam manual.
- e. Setelah itu dibuat *Control Chart* untuk memonitor proses analisa sampel. Faktor penunjang analisa antara lain adalah kondisi analis, reagen yang dipakai, laboratorium dan peralatannya serta penerapan metoda analisa.

Gambar L.3. Kalibrasi Nitrat .

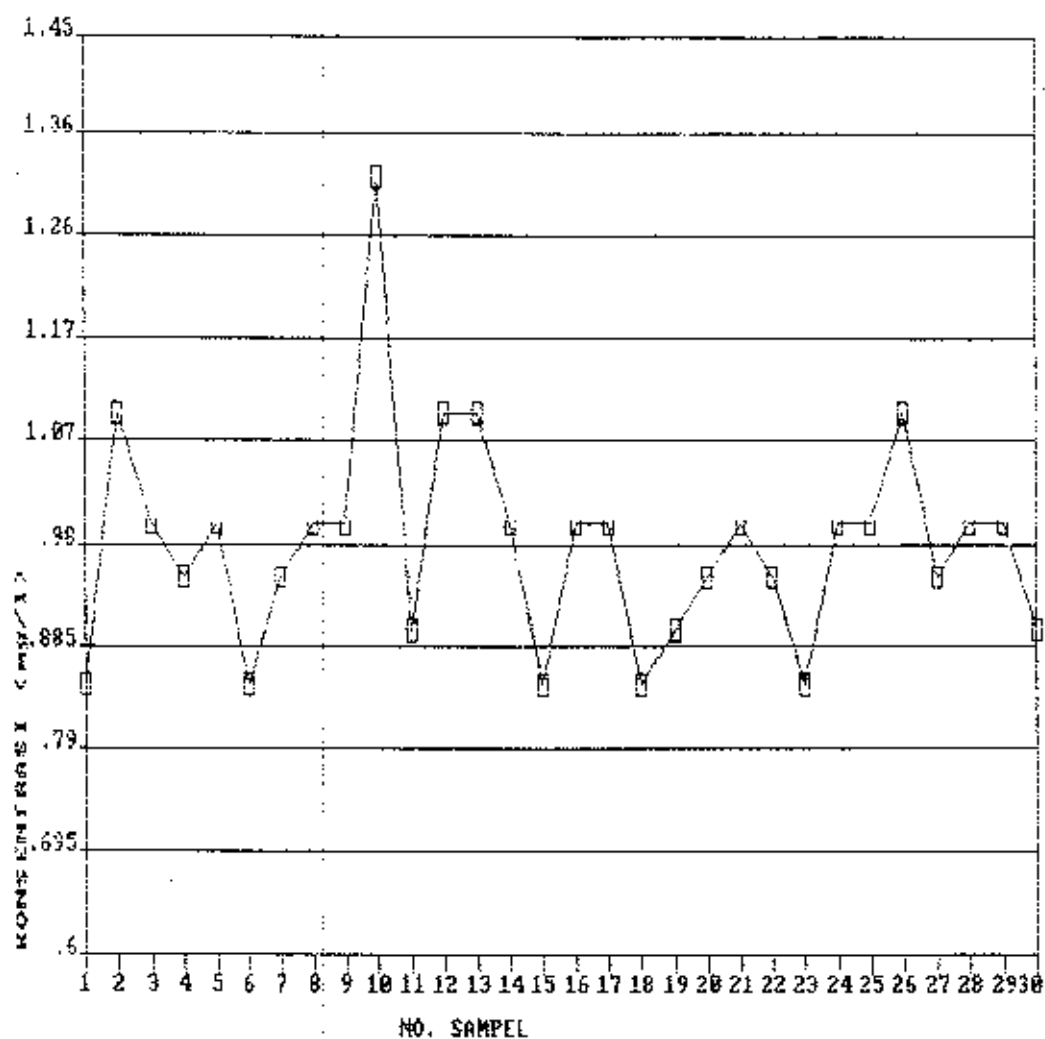


REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

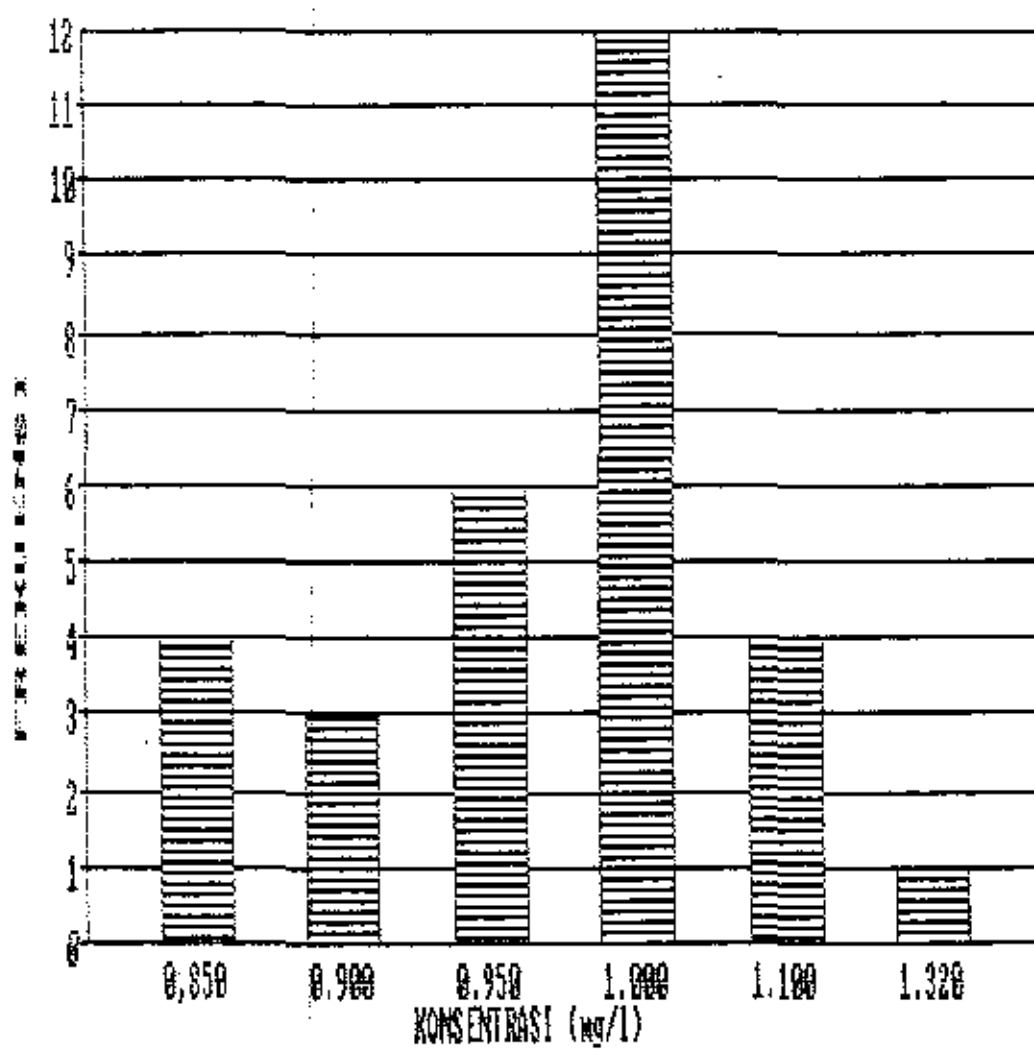
$$(-2.165E-02) + (5.148E+00)*X$$

THE VARIANCE - 1.912E-02

Gambar L.4. Control Charts AQC Nitrat .



Gambar L.4A Distribusi Frekuensi AQC Nitrat



Tabel L.3. Kalibrasi Nitrat

KONSENTRASI (ABSORBANSI)		Regression Output:	
=====		Constant	0.0216542128
0.10	0.000	Std Err of Y Est	0.1596789853
0.25	0.034	R Squared	0.993604253
0.50	0.112	No. of Observations	8
1.00	0.184	Degrees of Freedom	6
2.00	0.425		
3.00	0.592	X Coefficient(s)	5.145547
4.00	0.820	Std Err of Coef.	0.168536
5.00	0.936		
=====			

Tabel L.4. Hasil Analisa AQCNitrat

NO	ABSORBAN	KONSENTRASI (mg/l)	KONSENTRASI (mg/l)	FREKUENSI
1	0.187	0.950	0.850	4.000
2	0.220	1.100	0.900	3.000
3	0.199	1.000	0.950	4.000
4	0.189	0.950	1.000	12.000
5	0.199	1.000	1.100	4.000
6	0.170	0.850	1.320	1.000
7	0.189	0.950		
8	0.197	1.000		
9	0.197	1.000		
10	0.257	1.320		
11	0.180	0.900		
12	0.220	1.100		
13	0.230	1.100		
14	0.199	1.000		
15	0.170	0.850		
16	0.199	1.000		
17	0.199	1.000		
18	0.171	0.850		
19	0.180	0.900		
20	0.189	0.950		
21	0.199	1.000		
22	0.189	0.950		
23	0.170	0.850		
24	0.197	1.000		
25	0.199	1.000		
26	0.220	1.100		
27	0.189	0.950		
28	0.199	1.000		
29	0.199	1.000		
30	0.180	0.900		

KONS.NOS : 1.000
 AVERAGE : 0.984
 STD.DEV : 0.095
 MAXIMUM : 1.320
 MINIMUM : 0.850

5.3. ANALISA PHOSPHAT

5.3.1. Alat-Alat

- a. 1 unit Spectrofotometer (*Spectronic 20*)
- b. 8 buah labu ukur 25 ml
- c. 8 buah erlenmeyer 25 ml
- d. Beberapa buah pipet volum
- e. Cuvet

5.3.2. Reagen

- a. Larutan amonium molibdat
- b. Larutan SnCl_2 dalam glyserin
- f. Reagen campuran
- g. Larutan induk phosphat (persediaan) 50 mg P/l
- h. Larutan standar phosphat 2,5 mg/l

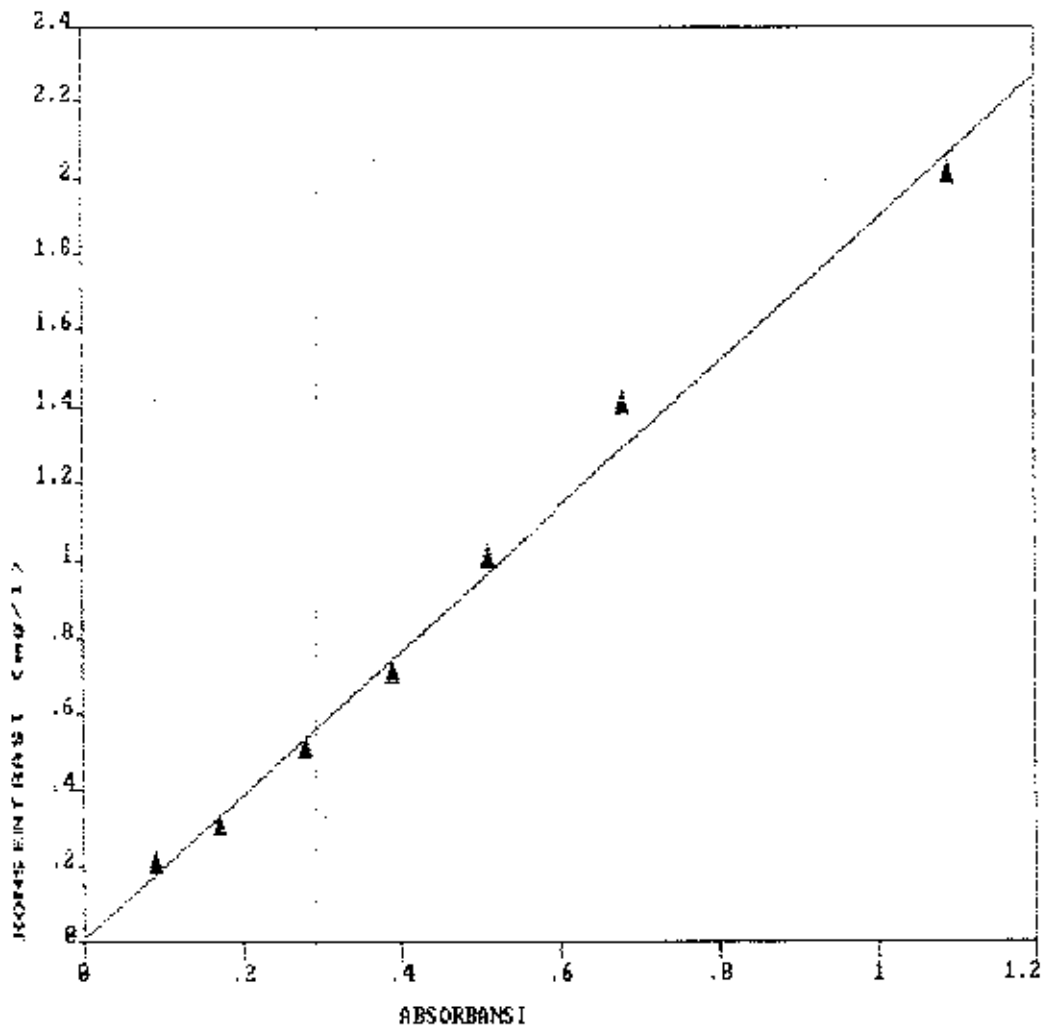
5.3.3. Cara Kerja

- a. Pipet 25 ml sampel dengan pipet volum, kemudian masukkan dalam erlenmeyer 25 ml.
- b. Tambahkan 1 ml larutan amonium molybdat.
- c. Tambahkan 2 tetes larutan SnCl_2 dalam glyserin, kocok dan diamkan \pm 10 menit.
- d. Baca absorbansinya pada unit *Spectronic 20*, dengan panjang gelombang 650 nm.
- e. Baca konsentrasinya pada *Grafik Kalibrasi Phosphat*

5.2.4. AQC Phosphat

- a. Persiapkan larutan - larutan standar yang diperlukan untuk analisa phosphat sesuai petunjuk yang ada. Larutan ini diusahakan dibuat mendekati konsentrasi sampel yang akan dianalisis untuk menambah ketelitian. Selain itu, larutan standar harus dibuat dari bahan kimia yang pro analisa.
- b. Alat - alat kimia yang akan dipergunakan dikalibrasi terlebih dahulu.
- c. Analisa larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya minimal 30 kali.
- d. Hitung nilai rata - rata dan standar deviasi dari data yang telah diperoleh, kemudian buatlah histogramnya dan dicari ukuran akurasi dan presisinya. Hasil ini disesuaikan dengan target akurasi dan presisi yang ada dalam manual.
- e. Setelah itu dibuat *Control Chart* untuk memonitor proses analisa sampel. Faktor penunjang analisa antara lain adalah kondisi analisis, reagen yang dipakai, laboratorium dan peralatannya serta penerapan metoda analisa.

Gambar L.5. Kalibrasi Phosphat .

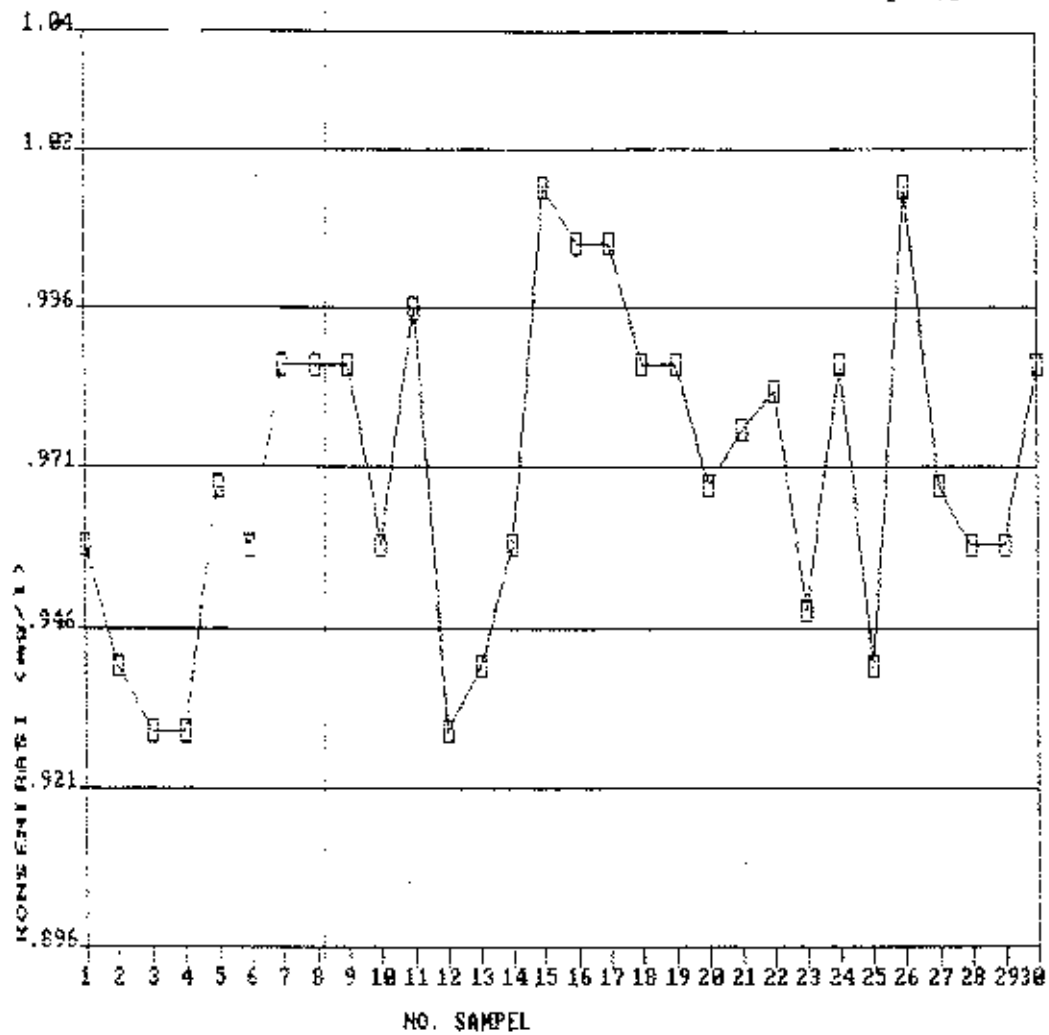


REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

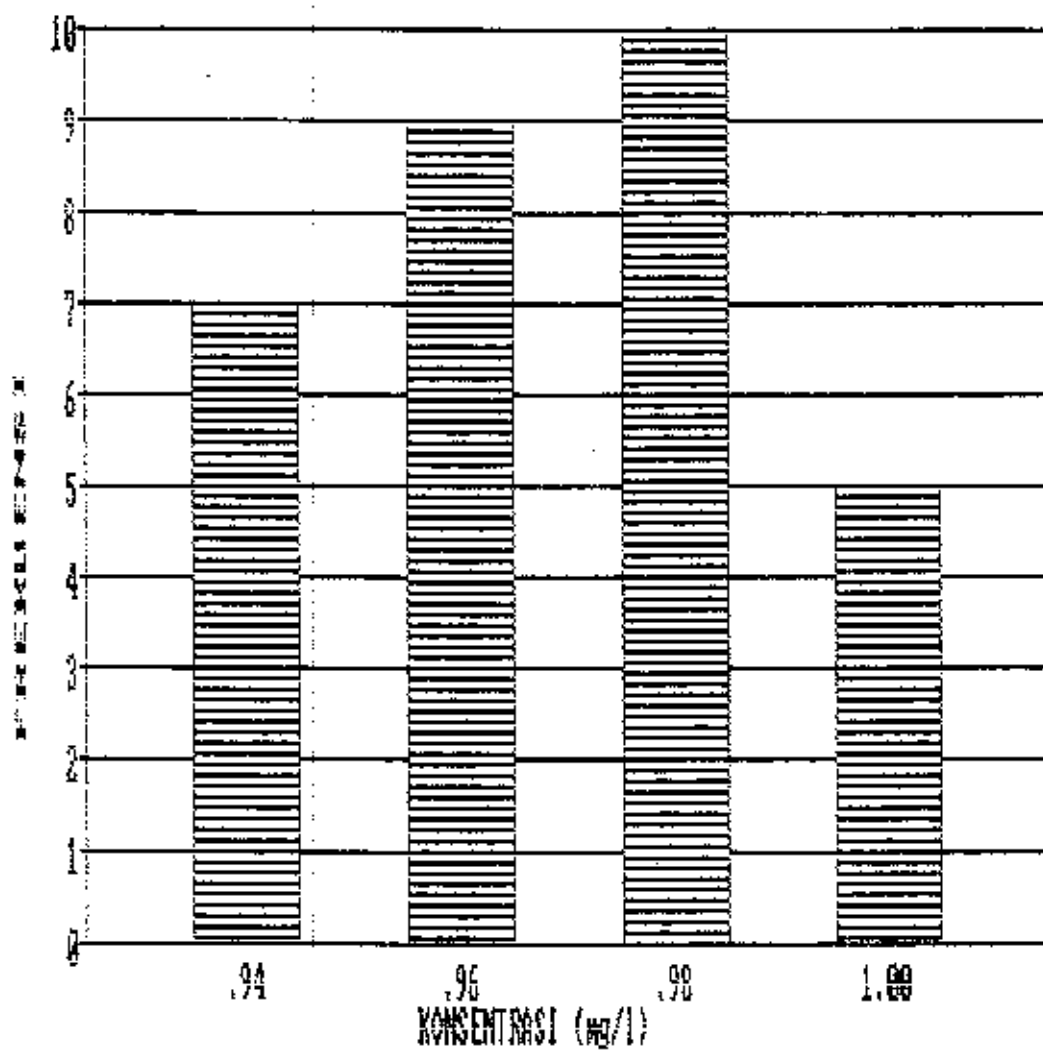
(9.786E-03) + (1.879E+00)*X
THE VARIANCE = 3.061E-03



Gambar L.6. Control Charts AQC Phosphat



Gambar L-6A Distribusi Frekuensi AQC Phosphat



Tabel L.5. Kalibrasi PO_4

KONSENTRASI (ASURBAN)	
0.20	0.090
0.30	0.170
0.50	0.280
0.70	0.390
1.00	0.510
1.40	0.680
2.00	1.090

Regression Output:

Constant	0
Std Err of Y Est.	0.080063/577
R Squared	0.9913906263
No. of Observations	7
Degrees of Freedom	6
X Coefficient(s)	1.893393
Std Err of Coef.	0.040698

Tabel L.6. Hasil Analisa AQC PO₄

Tabel L.6A. Distribusi Frekuensi PO₄

NO	KONSentrasi (mg/L)
1	0.500
2	0.495
3	0.490
4	0.490
5	0.510
6	0.505
7	0.505
8	0.520
9	0.520
10	0.520
11	0.525
12	0.490
13	0.495
14	0.505
15	0.535
16	0.530
17	0.530
18	0.520
19	0.510
20	0.510
21	0.515
22	0.520
23	0.500
24	0.520
25	0.495
26	0.535
27	0.510
28	0.505
29	0.505
30	0.520

KONSENTRASI (mg/L)	FREKUENSI
0.93 - 0.95	6
0.95 - 0.97	6
0.97 - 0.99	9
0.99 - 1.00	4

KONS. PO ₄	1.000
AVERAGE	0.971
STD. DEV	0.025
MAXIMUM	1.015
MINIMUM	0.930

5.4. ANALISA OKSIGEN TERLARUT (OT)

5.4.1. Alat-alat

- a. Botol Winkler yang volumenya telah diketahui dengan ketelitian $\pm 0,1$ ml lengkap dengan tutupnya.
- b. 2 (dua) buah buret ukuran 25 ml atau 50 ml (untuk titrasi thiosulfat).
- c. Berbagai macam pipet, gelas arloji untuk menimbang beratnya menimbang beratnya garam.
- d. 1 (satu) buah erlenmeyer 250 ml dan 500 ml (untuk standarisasi thiosulfat).
- e. 5 (lima) buah labu takar 1000 ml.

5.4.2. Reagen

- a. Larutan mangan sulfat.
- b. Larutan alkali-iodida-azida.
- c. Indikator kanji (amilum) 0,5 %
- d. Larutan thiosulfat 0,025 N.

Standardisasi larutan Thiosulfat (dapat menua akibat kontak dengan udara) dengan titrasi $K_2Cr_2O_7$ 0,025 N (kaliumdikromat) :

- larutkan 1,205 g $K_2Cr_2O_7$ dengan air suling ke dalam labu takar 1000 ml sampai dengan tanda batas (sebelumnya $K_2Cr_2O_7$ harus dikeringkan pada $105^{\circ}C$ selama 2 jam lalu didinginkan dalam desikator)

- gunakan pipet untuk memindahkan 20 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ ke dalam erlenmeyer 250 ml dan encerkan dengan air suling kira-kira 100 ml, tambahkan 2 g KI murni (p.a.) dan 10 ml H_2SO_4 4 N; kemudian dikocok dan simpan larutan tersebut pada tempat gelap selama 5 menit. Titrasi dengan larutan natriumthiosulfat yang akan distandardisasi. Bila warna kuning pada larutan hampir hilang, tambahkan 2 ml indikator kanji dan teruskan titrasi sampai warna biru yang baru muncul berubah menjadi putih, maka :

$$Normaliti Na_2S_2O_3 = \frac{20}{a} \times 0,025$$

a = ml thiosulfat yang dibutuhkan untuk titrasi.

e. Larutan kalium flourida.

5.4.3. Cara kerja

- a. Ke dalam sampel yang sudah ada dalam botol Winkler tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat di bawah permukaan cairan.
- b. Kemudian tambahkan 2 ml larutan alkali - iodida - azida. Botol ditutup kembali dengan hati-hati untuk mencegah terperangkapnya udara dari luar, kemudian dikocok dengan membalik - balikkan botol beberapa kali.
- c. Biarkan gumpalan mengendap selama 10 menit. Bila proses pengendapan ini telah sempurna, maka bagian larutan yang jernih dikeluarkan dari botol dengan menggunakan

- pipet sebanyak 100 ml dipindahkan ke dalam erlenmeyer 250 ml.
- d. Tambahkan 2 ml: H_2SO_4 pekat pada sisa larutan yang mengendap dalam botol Winkler yang dialirkan melalui dinding bagian dalam dari leher botol, kemudian botol segera ditutup kembali.
 - e. Botol digoyangkan dengan hati-hati sehingga semua endapan larut. Seluruh isi botol dituangkan secara kuantitatif ke dalam erlenmeyer 500 ml.
 - f. Iodin yang dihasilkan dari kegiatan tersebut dititrasi dengan larutan *natriumthiosulfat* 0,025 N sehingga terjadi warna coklat muda.
 - g. Tambahkan *Indikator kanji* (1 - 2 ml) akan timbul warna biru. Titrasi dengan *natriumthiosulfat* dilanjutkan, sehingga warna biru hilang *pertama kali* (setelah beberapa menit akan timbul lagi).

5.4.4. Perhitungan

$$OT = \frac{a \cdot N \cdot 8000}{(V - 4)}$$

dimana,

OT = Oksigen terlarut, mg/l

a = Volume titran *natriumthiosulfat*, ml

N = Normaliti larutan *natriumthiosulfat*

V = Volume titrasi, ml

5.5. ANALISA BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD)

5.5.1. Alat-alat

Peralatan yang dipergunakan sama dengan peralatan yang dipergunakan pada analisa OT (oksigen terlarut)

5.5.2. Reagen

- a. Air suling.
- b. Larutan *buffer fosfat*.
- c. Larutan *magnesium sulfat*.
- d. Larutan *kalsium klorida*.
- e. Larutan *feriklorida*.
- f. Larutan basa *NaOH* atau *KOH*, dan asam *HCl* atau H_2SO_4 1N untuk menetralkan sampel air yang bersifat asam atau basa sampai pH-nya berkisar antara 7,0 - 7,6.
- g. Bubuk *inhibitor nitrifikasi*, N-Serve (Dow Chemicals), allytio-ureum (ATU) (Merck) atau Nitrification Inhibitor 2538 (Hach Chem. Co.).
- h. Benih (*inoculum, sedd.*).
- i. Air Pengencer (*larutan kerja*).

Hitunglah berapa volume air pengencer yang dibutuhkan untuk melaksanakan sejumlah analisa BOD yang direncanakan. Tuangkanlah ke dalam botol atau jerigen sebanyak liter air suling dan tambahkan perliteranya, 1 ml dari masing-masing larutan b, c, d, e dan j, serta kurang lebih 10 mg bubuk inhibitor nitrifikasi sesuai

pH pada pH $7,0 \pm 0,1$.

Campuran dikocok lalu diaerasi selama 1 jam (kalau volumenya ≥ 10 l diperlukan 2 jam). Suhu sebaiknya sekitar 20°C . 1 jam sebelum tes BOD dimulai, tambahkan 1 ml larutan benihan dari butir h. Air pengencer diganti tiap minggu.

j. Larutan Na_2SO_3 (natrium sulfit)

Hanya untuk air yang mengandung senyawa klor aktif.

5.5.3. Cara Kerja

Cara kerja yang dilakukan adalah sama dengan pada analisa OT (Oksigen Terlarut), hanya saja pada analisa ini melakukan pengamatan pada hari ke-0 dan ke-5.

5.5.4. Perhitungan

$$\text{BOD}_{520} = \frac{((X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)) (1 - P)}{P}$$

dimana

BOD_{520} = sebagai $\text{mg O}_2/\text{l}$

X_0 = OT sampel pada saat $t = 0$ hari, $\text{mg O}_2/\text{l}$

X_5 = OT sampel pada saat $t = 5$ hari, $\text{mg O}_2/\text{l}$

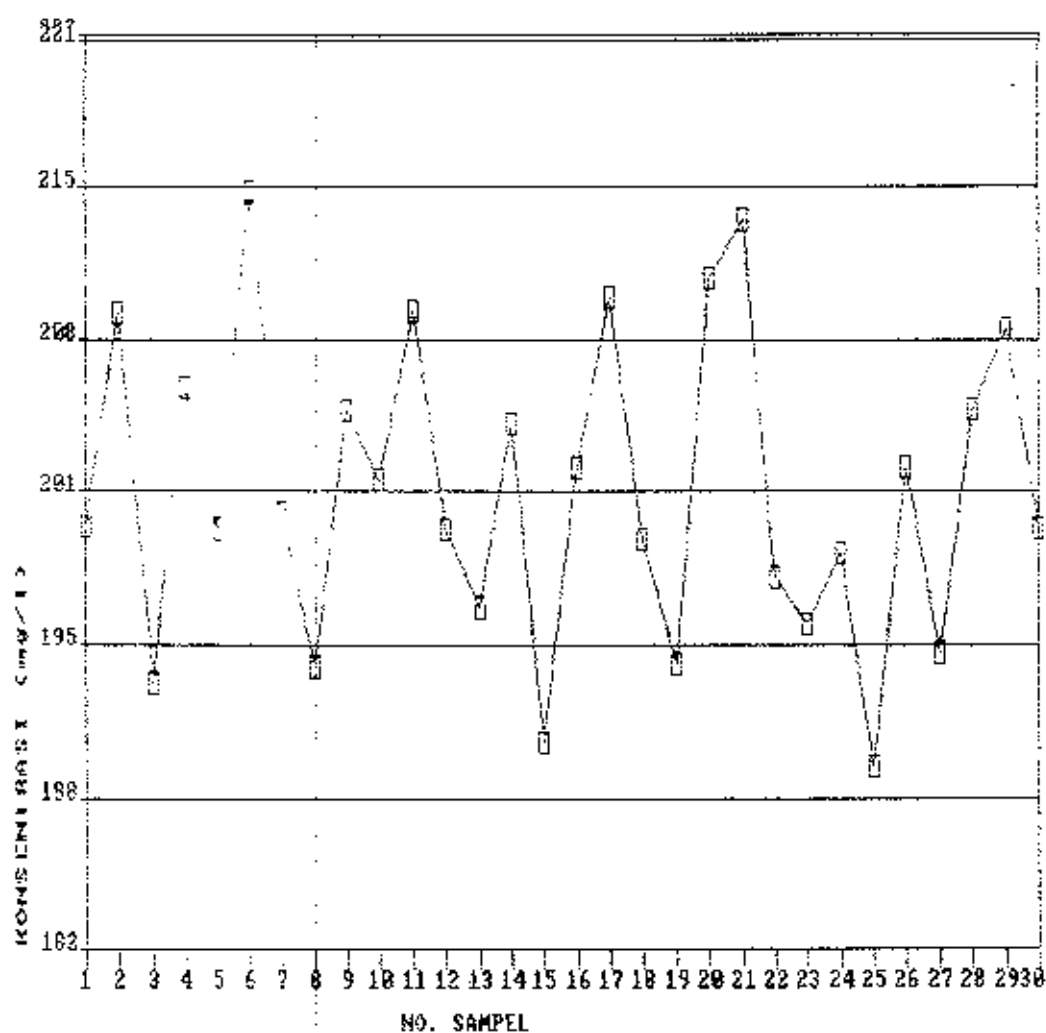
B_0 = OT blanko pada saat $t = 0$ hari, $\text{mg O}_2/\text{l}$

B_5 = OT blanko pada saat $t = 5$ hari, $\text{mg O}_2/\text{l}$

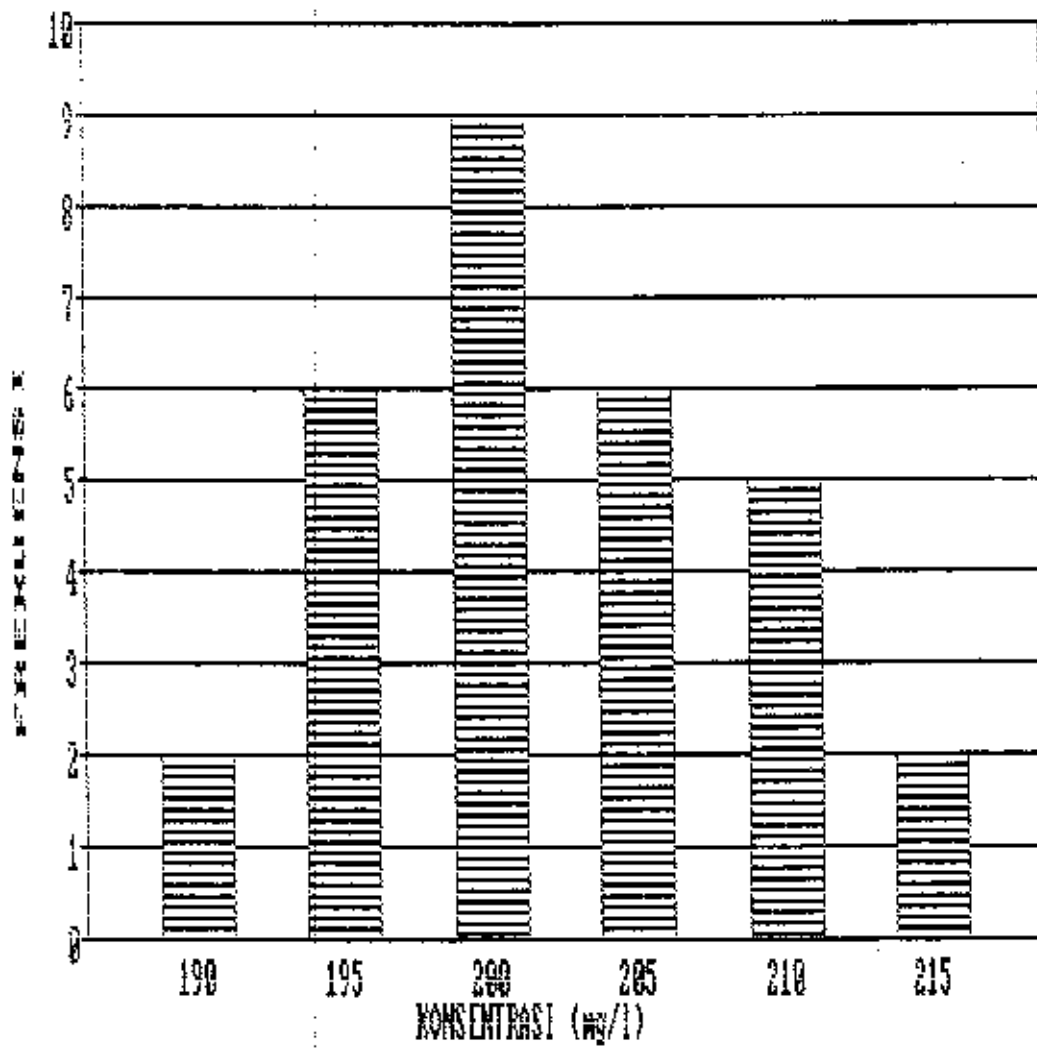
5.5.5. AQC BOD

- a. Larutan standar yang digunakan adalah *glukosa* dan *asam glutamat*. Larutan standar ini dibuat dari bahan kimia yang pro analisa (p.a.) dengan konsentrasi BOD tertentu.
- b. Larutan standar yang telah dibuat dianalisa sesuai dengan cara kerja analisa BOD.
- c. Analisa terhadap larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya ini minimal dilakukan sebanyak 30 kali. Hitung nilai rata - rata dan standar deviasi dari data yang diperoleh, kemudian dibuat histogram distribusi frekuensi.
- d. Buatlah Control Chart untuk memonitor proses analisa sampel.

Gambar L.7. Control Charts AQC BOD .



Gambar L.7A Distribusi Frekuensi BOD .



5.6. ANALISA PENGAMANATE VALUE (PV)

5.6.1. Alat-alat

- a. 1 (satu) buah *Buret Pellet (semi otomatis)*
- b. 2 (dua) buah erlenmeyer 250 ml
- c. beberapa buah pipet volum

5.6.2. Reagen

- a. Larutan kalium permanganat 0,1 N (stock)
- b. Larutan kalium permanganat 0,01 N
- c. Larutan asam oxalat 0,1 N
- d. Larutan asam oxalat 0,01 N
- e. Larutan asam sulfat 4 N (bebas organik)

5.6.3. Cara Kerja

- a. Bebaskan erlenmeyer dari zat organik dengan cara sebagai berikut :

Isi erlenmeyer dengan air, tambahkan KMnO_4 0,01 N sampai timbul warna ungu pertama kali. Didihkan selama 10 menit, bila warna ungu hilang, tambahkan lagi KMnO_4 sampai warna ungu tetap ada setelah dididihkan selama 10 menit.

Buang air tersebut dan erlenmeyer telah bebas zat organik.

- b. Isi erlenmeyer yang telah bebas zat organik dengan 100 ml sampel. Tambahkan 2,5 ml H_2SO_4 4 N bebas organik dan

- KMnO_4 sampai timbul warna ungu/ros pertama kali.
- Panaskan sampai hampir mendidih, kemudian tambahkan KMnO_4 0,01 N sebanyak 10 ml dan dididihkan kembali selama 10 menit.
 - Sebelum erlenmeyer diangkat, tambahkan 1 ml asam oxalat 0,01 N ke dalamnya. Bila warna ungu/ros hilang, angkat dan titrasi dengan KMnO_4 0,01 N.
 - Hentikan titrasi bila telah timbul warna ungu/ros setipis mungkin untuk pertama kali.
 - Catat ml KMnO_4 0,01 N yang digunakan untuk titrasi (pada butir e.), misal 'a' ml.

5.6.4. Perhitungan

$$\text{angka } \text{KMnO}_4 = \frac{1000}{\text{ml sampel}} \left\{ (10 + 'a') N_{\text{KMnO}_4} - (1 \times N_{\text{oxalat}}) \right\} \times 31,6 \times P$$

dimana

angka KMnO_4 = Permanganat Value, mg/l

'a' = titran KMnO_4 0,01 N, ml

N_{KMnO_4} = Normalitas kalium permanganat

N_{oxalat} = Normalitas asam oxalat

P = besarnya pengenceran

ml sampel = banyaknya titrasi, ml

5.7. ANALISA CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD)

5.7.1. Alat-Alat

- a. alat refluks, terdiri dari erlenmeyer 250 ml dan kondensor Liebig, 2 buah
- b. Batu didih
- c. Pemanas listrik
- d. Buret 50 ml atau *Buret Pellet*
- e. Dispenser volum 30 ml
- f. Pipet 10 ml dan 20 ml
- g. 2 buah beker 200 ml, karet penghisap
- h. 2 buah labu takar 1 l; 1 buah labu takar 100 ml

5.7.2. Reagen

- a. Larutan standar kalium dikromat 0,250 N
- b. Perak sulfat, bubuk Ag_2SO_4
- c. Asam sulfat, H_2SO_4 pekat
- d. Reagen Asam sulfat
- e. Larutan standar fero amonium sulfat (titran) 0,01 N

Standarisasi larutan titran FAS :

Encerkan 10 ml larutan standar $K_2Cr_2O_7$ dengan air suling sampai ± 100 ml. Tambahkan 30 ml H_2SO_4 pekat. Dinginkan, kemudian titrasi dengan fero amonium sulfat dengan menggunakan 2 sampai 3 tetes (0,1 sampai 0,15 ml) indikator *feroin*. Warna larutan berubah dari hijau ke biru-biruan menjadi oranye ke merah-merahan. Dengan

demikian :

$$\begin{aligned} \text{Normalitas FAS} &= \frac{\text{ml } K_2Cr_2O_7 \times \text{normalitas } K_2Cr_2O_7}{\text{ml FAS yang digunakan}} \\ &= \frac{10 \times 0,25}{\text{ml FAS}} \end{aligned}$$

- f. Indikator *fenantrolin fero sulfat (feroin)*
- g. *Herkuri sulfat, HgSO₄* bubuk atau kristal
- h. *Asam sulfamat*

5.7.3. Cara Kerja

- a. Pindahkan $\pm 0,4$ g H_2SO_4 ke dalam gelas erlenmeyer COD 250 ml.
- b. Masukkan 5 atau 6 batu didih yang telah dibersihkan terlebih dahulu ke dalam gelas erlenmeyer tersebut.
- c. Tambahkan larutan sampel sebanyak 20 ml.
- d. Tambahkan larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N sebanyak 10 ml.
- e. Siapkan 30 ml *reagen sulfat-perak sulfat*, pindahkan dengan menggunakan dispenser sebanyak ± 5 ml *reagen H₂SO₄* tersebut ke dalam gelas erlenmeyer COD. Kocoklah perlahan-lahan dan hati-hati untuk mencegah penguapan, tetapi larutan harus tercampur dan panasnya merata.
- f. Alirkan air pendingin pada kondensor dan letakkan gelas erlenmeyer COD di bawah kondensor. Tuang sisa *reagen H₂SO₄* dari butir e, yaitu ± 25 ml, melalui kondensor ke dalam gelas erlenmeyer COD (gelas refluks) sedikit demi

- sedikit dengan menggunakan dispenser dan selama ini goyangkan gelas refluks agar semua reagen dan sampel tercampur.
- g. Tempatkan kondensor dengan gelas erlenmeyer COD (gelas refluks) atas pemanas. Nyalakan pemanas dan refluks larutan selama ± 2 jam.
 - h. Biarkan gelas refluks dingin dahulu, kemudian bilaslah kondensor dengan air suling sebanyak kira-kira 25 - 50 ml.
 - i. Lepaskan gelas refluks dari kondensor, dinginkan larutan kemudian encerkan larutan yang telah direfluks tadi sampai menjadi dua kali jumlah larutan dalam gelas refluks dengan air suling. Tambahkan air suling kira - kira 150 - 200 ml. Dinginkan lagi sampai suhu ruangan.
 - j. Tambahkan 3 - 4 tetes indikator *feroin*
 - k. Dikromat yang tersisa dalam larutan setelah direfluks, dititrasi dengan larutan standar *fero amonium sukfat 0,10 N*, sampai warna hijau-biru menjadi coklat-merah.
 - l. Blanko terdiri dari 20 ml air suling yang mengandung semua reagen yang ditambahkan pada larutan sampel. Reflusk dengan cara yang sama seperti di atas.

5.7.4. Perhitungan

$$\text{COD (mg O}_2\text{/l)} = \frac{(a - b) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}}$$

dimana

a = ml FAS yang digunakan untuk titrasi blanko

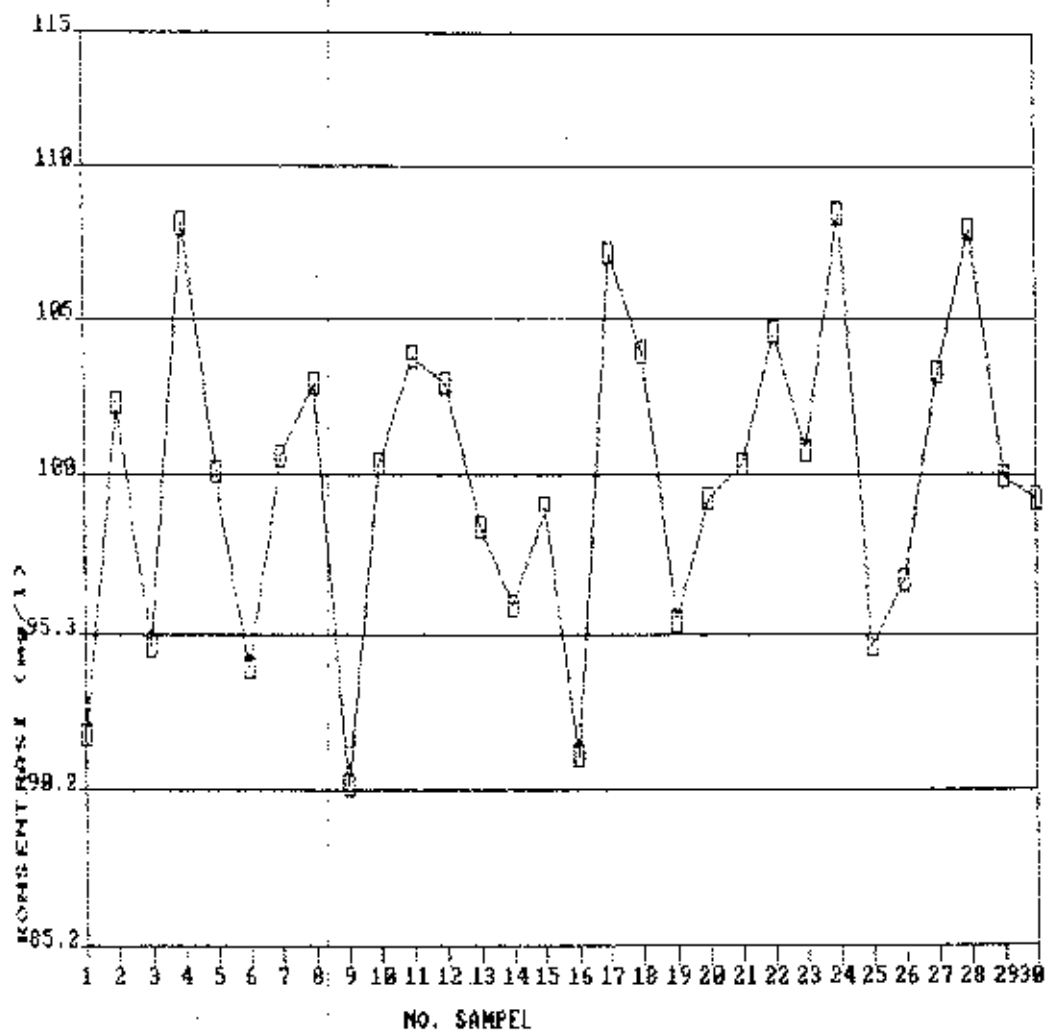
b = ml FAS yang digunakan untuk titrasi sampel

N = normalitas larutan FAS

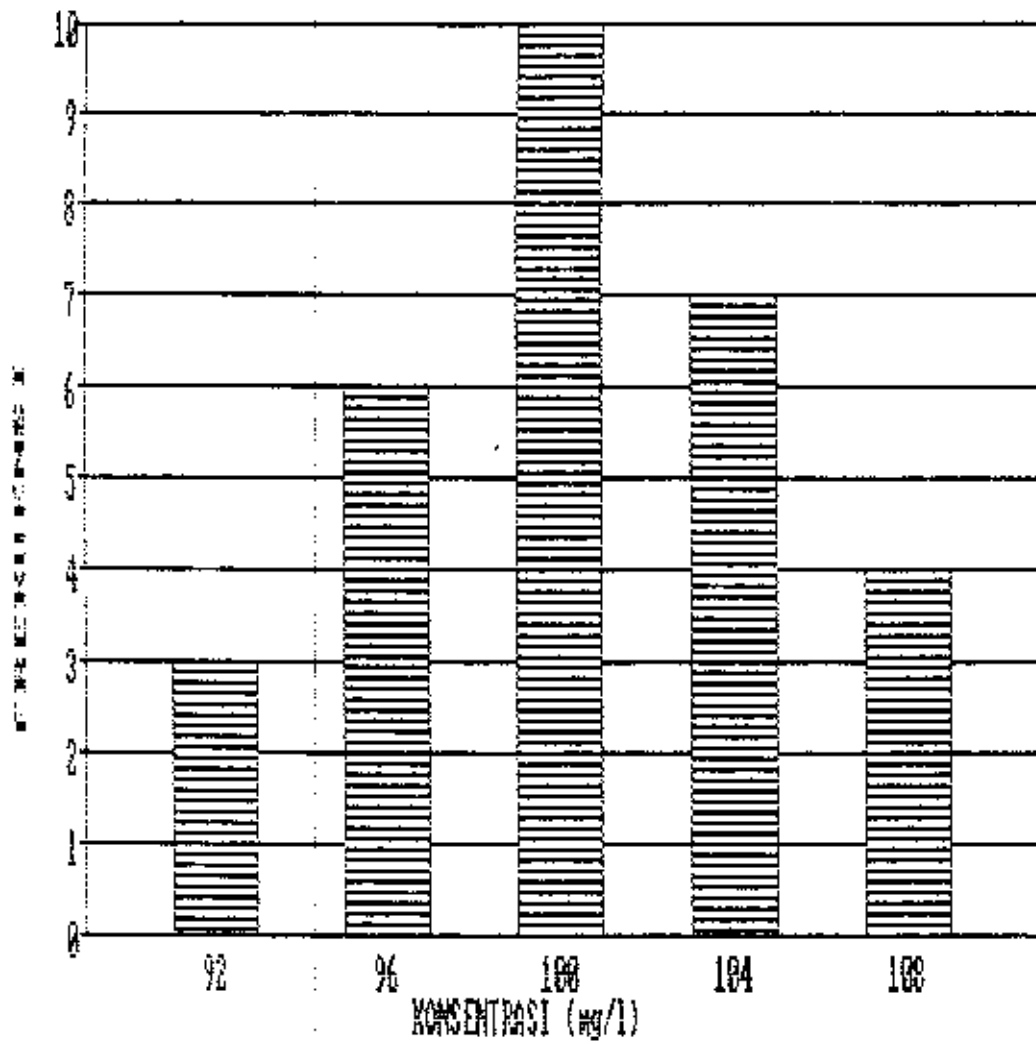
5.7.5. AQC COD

- a. Larutan standar yang digunakan adalah *potassium hydrogen phthalate*. Larutan standar yang telah dibuat dari bahan kimia yang pro-analisa (p.a.) dengan konsentrasi COD tertentu.
- b. Larutan standar yang telah dibuat dianalisa sesuai dengan cara kerja analisa COD.
- c. Analisa terhadap larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya ini minimal dilakukan sebanyak 30 kali. Hitung nilai rata-rata dan standar deviasi dari data - data yang diperoleh, kemudian dibuat histogram distribusi frekuensi.
- d. Buatlah Control Chart untuk memonitor proses analisa sampel.

Gambar L.B. Control Charts AQC COD .



Gambar L.8A Distribusi Frekuensi AQC COD



abel L.8. Hasil Analisa AQC COD Tabel L.8A. Distribusi Frekuensi COD

NO	KONSENTRASI (mg/l)
1	92.10
2	102.80
3	95.00
4	108.70
5	100.50
6	94.30
7	101.10
8	103.40
9	90.50
10	100.80
11	104.30
12	103.40
13	98.90
14	90.30
15	99.40
16	91.40
17	107.70
18	104.50
19	95.80
20	99.70
21	100.80
22	105.10
23	101.20
24	109.00
25	95.00
26	97.10
27	103.80
28	108.50
29	100.40
30	99.70

NO	KONSENTRASI (MG/L)	FREKUENSI
1	90.0 - 93.9	3
2	94.0 - 97.9	6
3	98.0 - 101.9	10
4	102.0 - 105.9	7
5	106.0 - 109.9	4

KONS. COD : 100.000
 AVERAGE : 100.373
 STD. DEV : 5.083
 MAXIMUM : 110.539
 MINIMUM : 90.207

5.8. ANALISA SS dan VSS

5.8.1. Alat-alat

- a. Cawan
- b. Oven untuk pemanasan 105°C
- c. Desikator
- d. Furnace untuk pembakaran 550°C
- e. Neraca Analitis, ketelitian 0,1 mg
- f. Filter kertas Whatman
- g. Vacuum filter beserta pompanya

5.8.2. Cara kerja

- a. Panaskan filter kertas di dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama \pm 15 menit. Timbang filter kertas kering ini.
- b. Pipet 5 ml sampel yang sudah dikocok merata, masukkan ke dalam alat penyaring yang sudah ada filter kertas di dalamnya. Lakukan penyaringan dengan sistem vacuum.
- c. Filter kertas beserta residu hasil penyaringan bersama-sama dipanaskan kembali dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator dan timbang.

5.8.3. Perhitungan

$$\text{MLSS (mg/l)} = \frac{(a - b) \times 1000}{c}$$

dimana

a = berat filter dan residu setelah pemanasan 105°C, mg

b = berat filter kering (sesudah dipanaskan) pada suhu 105°C, mg

c = ml sampel yang disaring

$$\text{MLVSS (mg/l)} = \frac{(d - e) \times 1000}{c}$$

dimana

d = berat cawan dan residu (termasuk filter kertas) sesudah pembakaran 105°C dan sebelum pembakaran 550°C, mg

e = berat cawan dan residu sesudah pembakaran pada suhu 550°C, mg

LAMPIRAN 6 : PENENTUAN STEADY STATE

Label 1.9. Data Steady State untuk White liquor

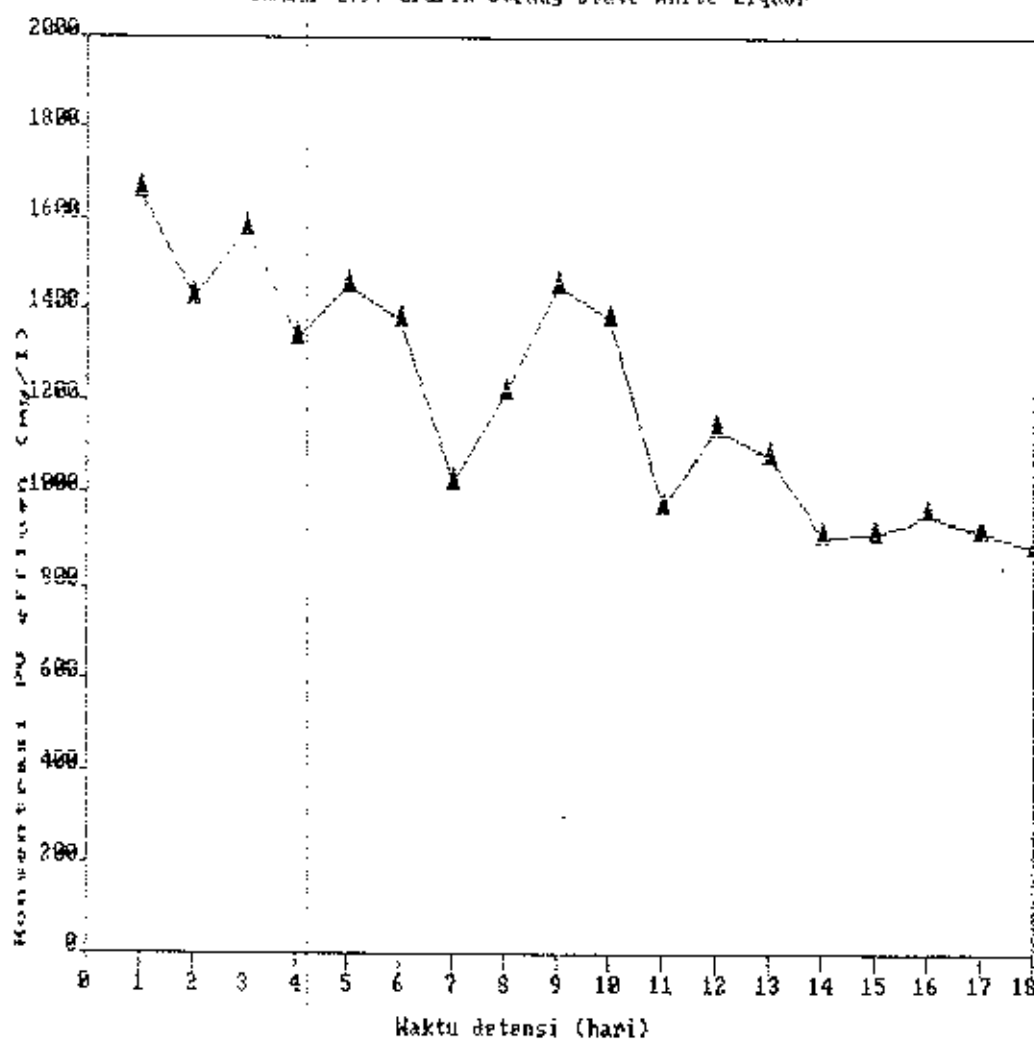
=====		
tu (hari); PV effluen (mg/l); Gas (menit/5 l)		
=====		
1	1658	
2	1422	
3	1575	
4	1338	
5	1454	
6	1374	
8	1022	
8	1215	
9	1454	
10	1331	
11	970	
12	1140	
13	1092	
14	910	4.45
15	915	4.25
16	954	4.52
17	925	4.47
18	890	4.34
=====		

Pengukuran gas dilakukan setelah konsentrasi PV effluen relatif konstan.

Label L.9B. Data Steady State untuk Black liquor

=====		
id (hari) COD effluent (mg/l) Gas (menit/5 l)		
=====		
1	38825	
2	39803	
3	35860	
4	36110	
5	36900	
6	35650	
7	37824	
8	38958	
9	38932	
10	33848	
11	36040	
12	32945	
13	30639	
14	31732	
15	33050	
16	32600	3.22
17	32160	3.16
18	32800	3.19
19	32930	3.27
20	32870	3.39
=====		

Gambar L.9. Grafik Steady State White Liquor



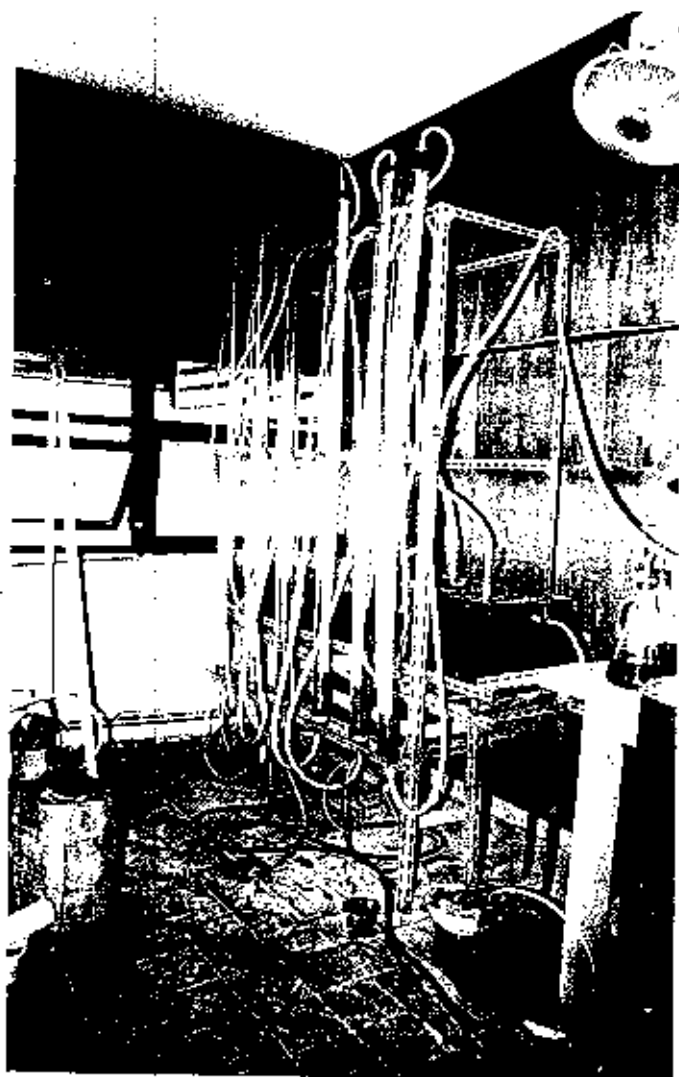


Foto 1. Reaktor Anaerobik Aliran Horizontal

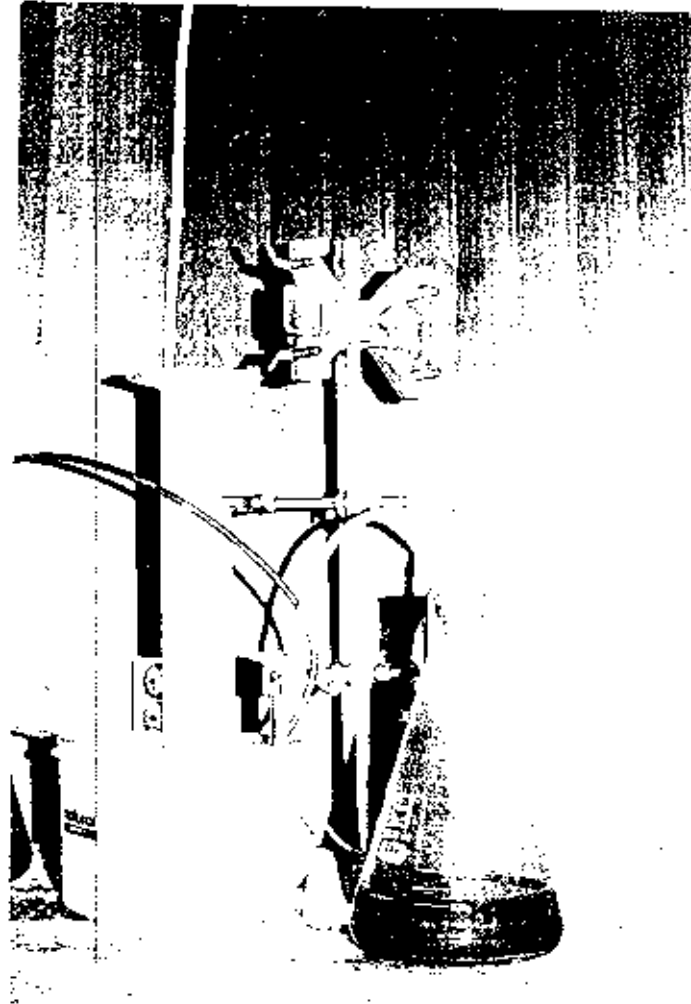


Foto 2. Reaktor Anaerobik Proses Batch

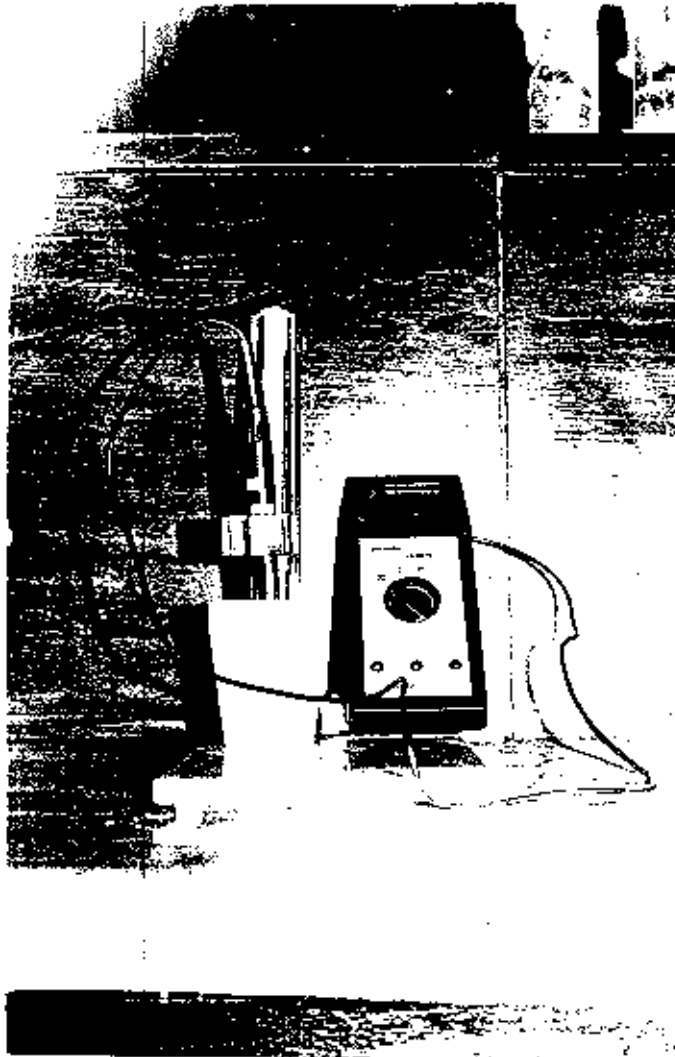


Foto 3. pH meter



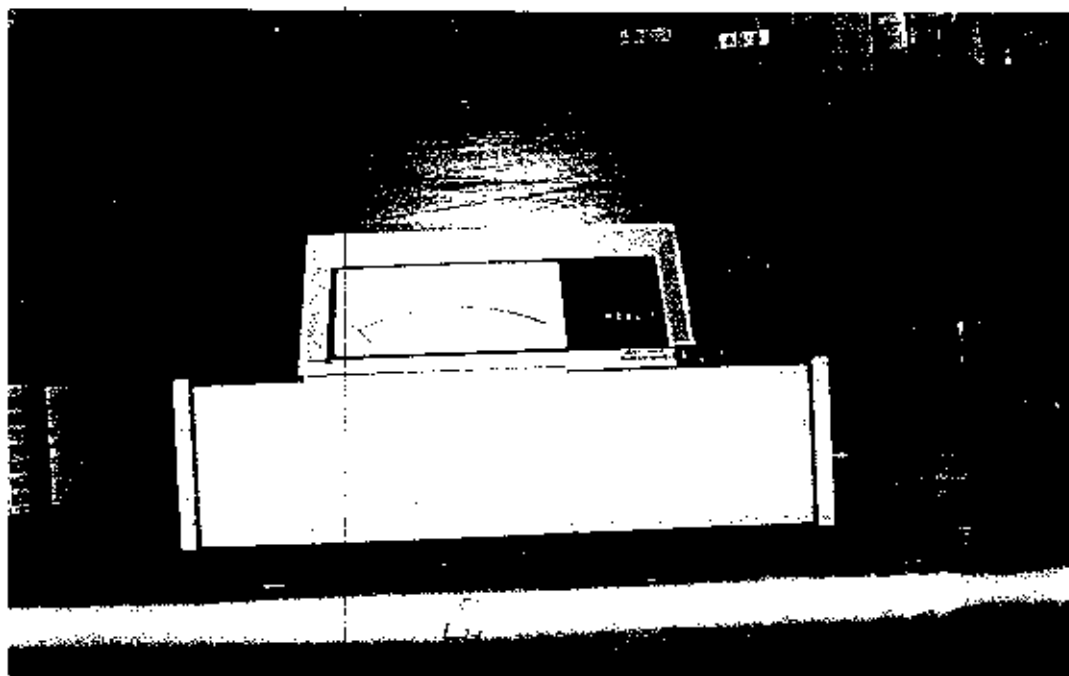


Foto 4. Spektrofotometer

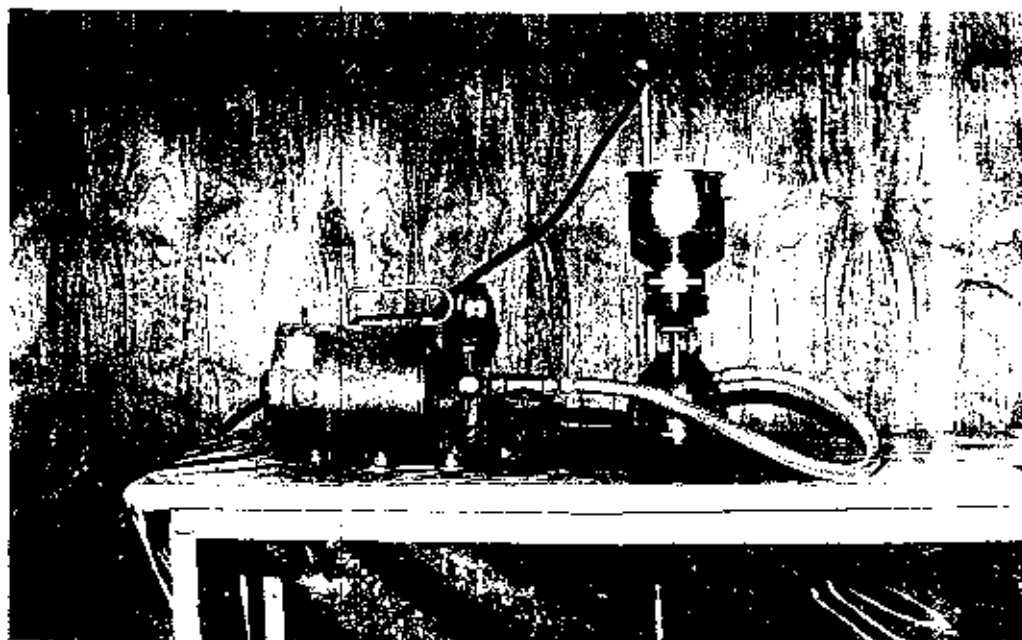


Foto 5. Vacuum Filter

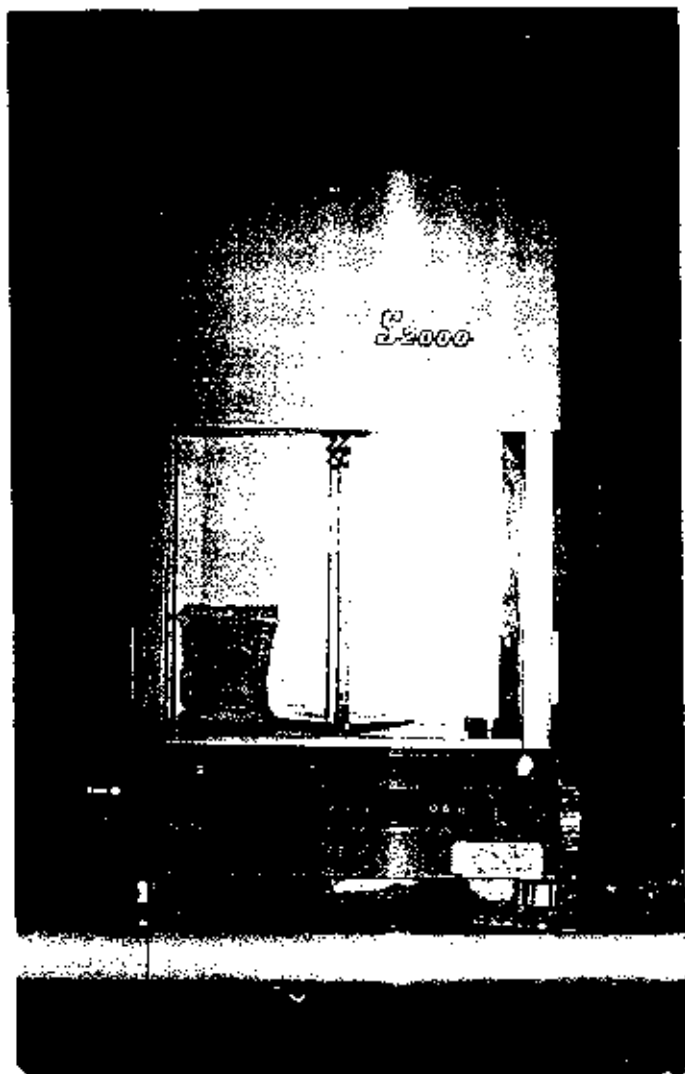


Foto 6. Neraca Analitis

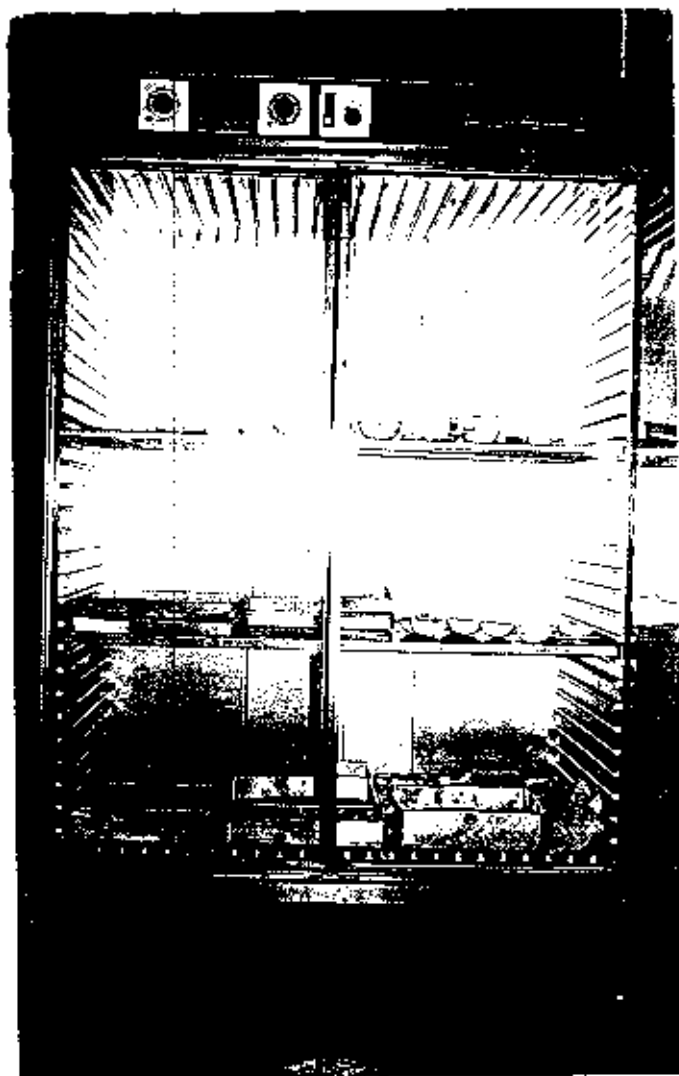


Foto 7. Oven Untuk Pemanasan 105°C

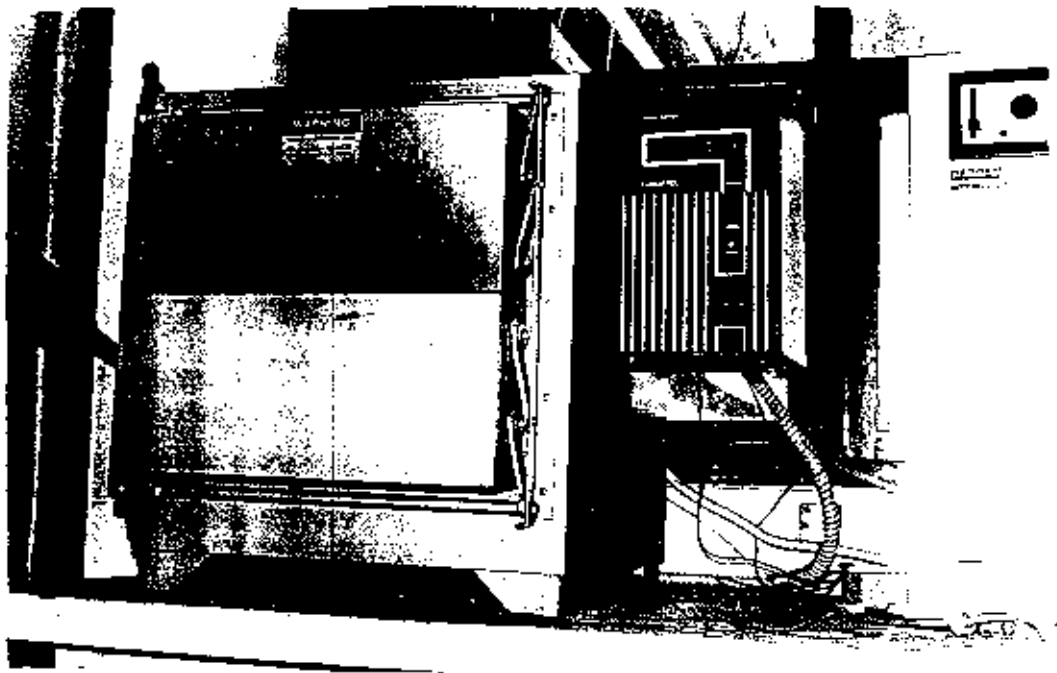
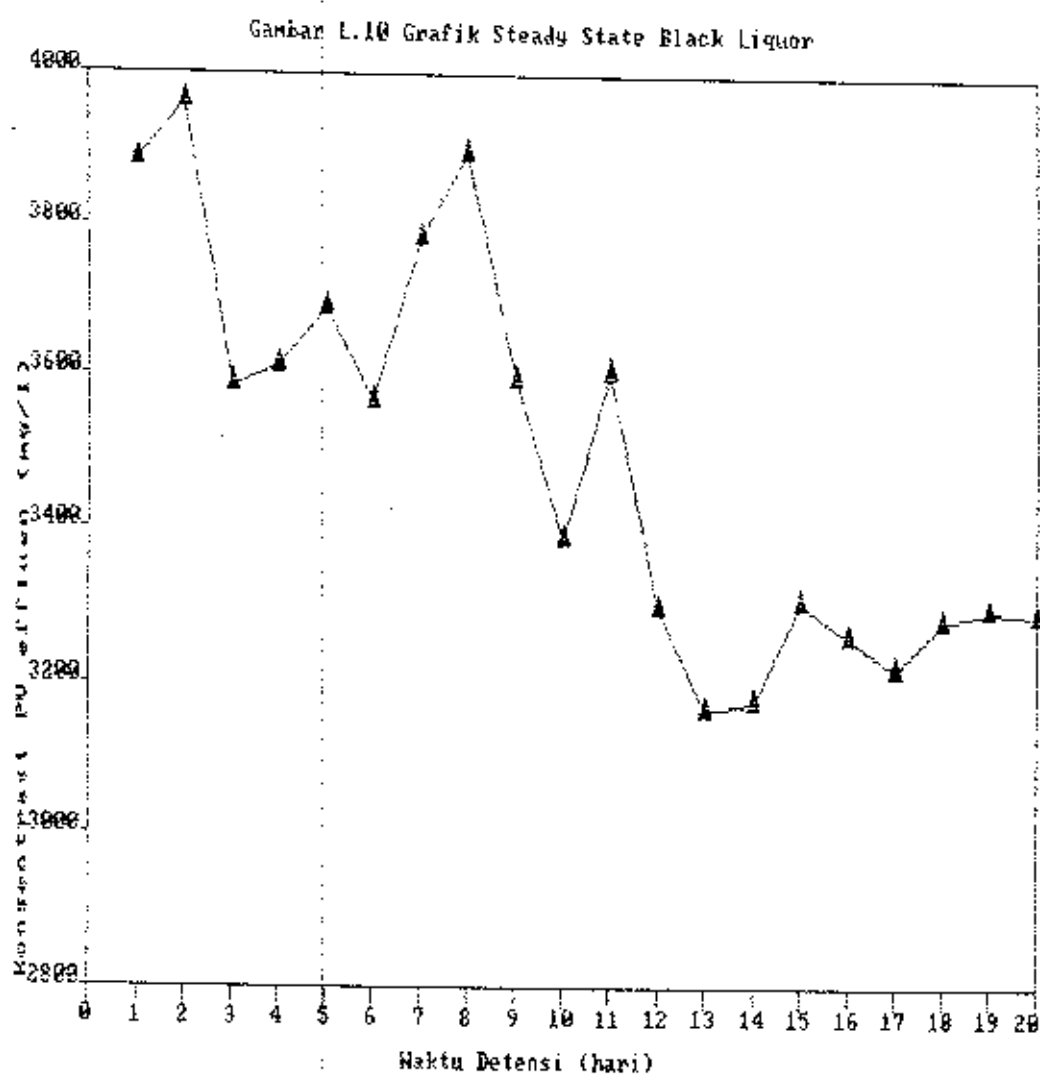


Foto 8. Furnace Untuk Pembakaran 550°C



Tabel L.7. Hasil Analisa AGC BOD

NO	KONSENTRASI (mg/L)
1	200.5
2	209.7
3	198.7
4	196.3
5	200.5
6	205.0
7	201.0
8	194.3
9	205.4
10	202.4
11	209.8
12	200.4
13	197.0
14	204.6
15	191.1
16	203.0
17	210.3
18	199.7
19	194.9
20	211.2
21	213.8
22	198.2
23	196.2
24	199.3
25	190.0
26	203.0
27	195.0
28	205.4
29	209.0
30	200.4

Tabel L.7A. Distribusi Frekuensi BOD

NO	KONSENTRASI (mg/l)	FREKUENSI
1	188.0 - 192.9	2.000
2	193.0 - 197.9	6.000
3	198.0 - 202.9	5.000
4	203.0 - 207.9	3.000
5	208.0 - 212.9	3.000
6	213.0 - 217.9	2.000

KONS. BOD : 200.000
 AVERAGE : 202.030
 STD. DEV : 6.630
 MAXIMUM : 215.290
 MINIMUM : 188.770